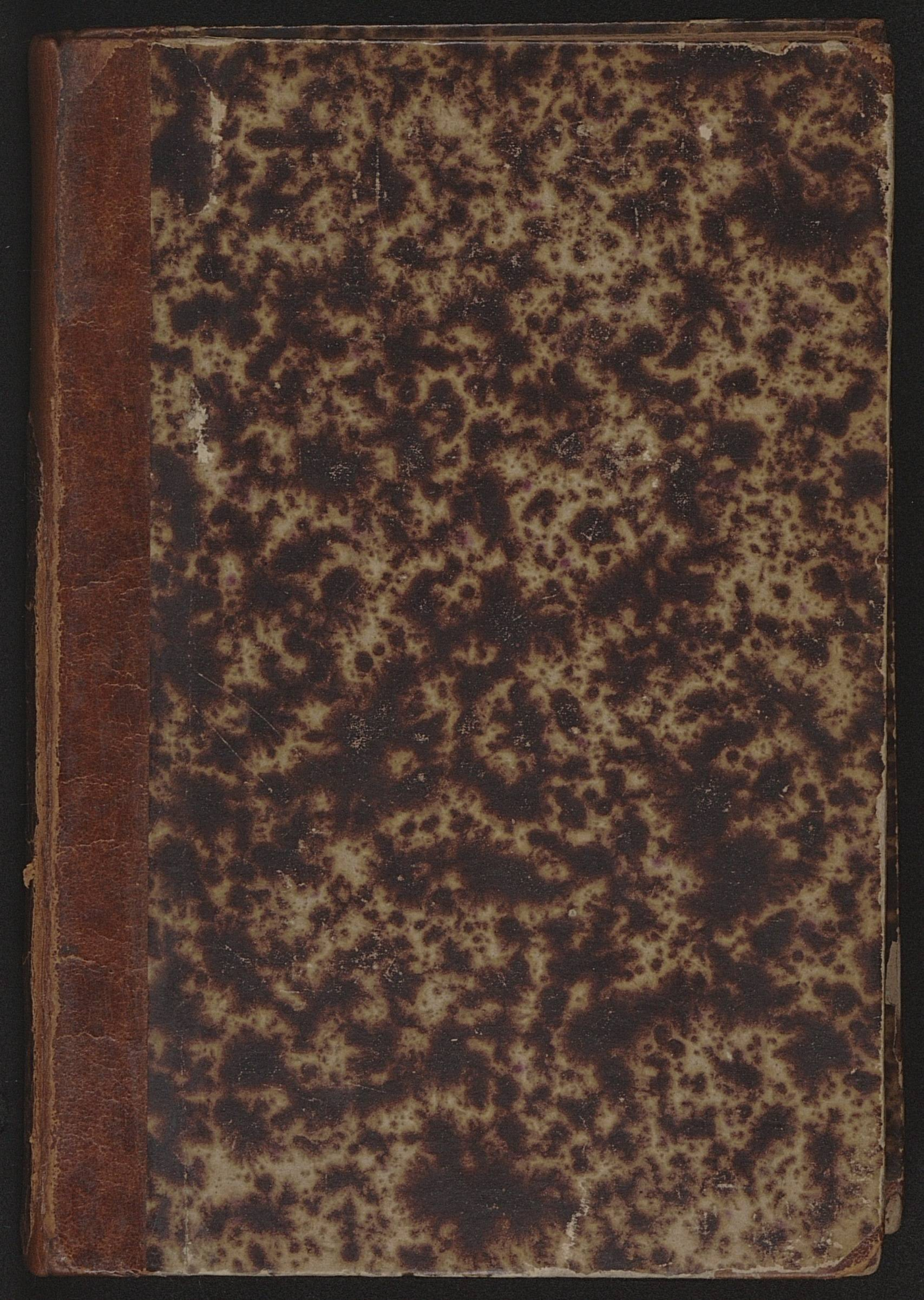


Die
Schule des Steinmetzen.

Praktisches Hand- und Hülfsbuch
für
Architekten und Bauhandwerker, sowie für
Bau- und Gewerbeschulen.

Bearbeitet
von
B. Harres,
Baurath und Lehrer an der Technischen Schule in Darmstadt.

Zweite vermehrte und verbesserte Auflage.

Mit 303 Abbildungen, nach Zeichnungen des Verfassers in Holz geschnitten.

Schule der Baukunst. Zweiter Band. Dritte Abtheilung.

Leipzig.
Verlag von Otto Spamer.
1866.

Vorwort

zur ersten Auflage.

Indem ich die „Schule des Steinmetzen", welche dem vorgeschriebenen beschränkten Umfange eines Hand- und Hülfsbuches für den Praktiker entsprechend bearbeitet werden mußte, demnach nicht als ein vollständiges Lehrbuch des Steinschnittes an's Licht zu treten ein Anrecht hat, vielmehr nur als ein brauchbarer und nützlicher Führer auf dem Werkplatze und für den angehenden Techniker gelten will, hiermit der nachsichtigen Beurtheilung bewährter Fachmänner empfehle, übergebe ich das Werkchen dem praktischen Steinmetzen zugleich mit dem Wunsche, daß er darin das Bestreben des Verfassers erkennen möge, ihm durch faßliche Darstellung einer Auswahl derjenigen Steinkonstruktionen, welche die wesentlichsten Bestandtheile der Kunst des Steinmetzen ausmachen, nach Kräften zu nützen.

Die Auswahl der gegebenen Beispiele mußte eine beschränkte, wird aber wol ausreichend sein, den aufmerksamen Leser in den Stand zu setzen, die Musterrisse von Konstruktionen, welche hier nicht angeführt sind, selbständig zu entwerfen und die zur Ausführung derselben erforderlichen Schablonen herauszutragen.

Darmstadt, im April 1857.

Der Verfasser.

Vorwort

zur zweiten Auflage.

Die erste Auflage unserer „Schule des Steinmetzen“ hat, bei aller Mangelhaftigkeit, eine unsere Erwartung weit übertreffende gute Aufnahme gefunden, und es ist diese auch dem, in dem Vorworte zur ersten Auflage versprochenen und mittlerweile erschienenen zweiten Theile der „Schule des Zimmermanns“ nicht vorenthalten worden.

Für diese Theilnahme, welche Fachgenossen, Bauhandwerker und Freunde der Baukunst unseren Leistungen auf dem Arbeitsfelde der Bautechnik zugewendet haben, zu lebhaftem Danke verpflichtet, glauben wir diesen Dank nicht besser bethätigen zu können, als dadurch, daß wir bei jeder neuen Auflage eines von uns bearbeiteten Theiles der „Schule der Baukunst“ das früher Gebotene nach bester Einsicht verbessern, und daß wir nothwendige oder uns als wünschenswerth bezeichnete Ergänzungen und Vermehrungen eintreten lassen.

Dem bereits nachgekommen zu sein, glauben wir das Zeugniß für uns zu haben. Wir geben uns der Erwartung hin, daß wohlwollende Freunde unsere „Schule der Baukunst“ dies auch an der vorliegenden, und hiermit wohlwollender Beurtheilung empfohlenen zweiten Auflage der „Schule des Steinmetzen“ nicht vermissen. Sie werden dieses Bändchen einer freundlichen Aufnahme nicht unwerth erachten.

Darmstadt, im Juli 1865.

Der Verfasser.

Inhalt.

Erster Abschnitt.

Zweiter Abschnitt.

Dritter Abschnitt.

Vierter Abschnitt.

Fünfter Abschnitt.

Sechster Abschnitt.

Siebenter Abschnitt.

Achter Abschnitt.

Neunter Abschnitt.

Zehnter Abschnitt.

Elfter Abschnitt.

Zwölfter Abschnitt.

Dreizehnter Abschnitt.

Vierzehnter Abschnitt.

Erster Abschnitt.

Von den Hausteinen.

Alle natürlichen Steine, welchen durch kunstmäßige Bearbeitung die ihnen als Bestandtheil eines Bauwerkes entsprechende Gestalt gegeben wird, werden Hausteine genannt. Zur Unterscheidung werden große Steinblöcke als Werkstücke und Steine zur Ausführung von Hausteinmauern als Quader bezeichnet. Hausteine werden beim Hochbaue in der Regel nur zu Mauern, Gewölben oder Stützen, welche beträchtliche Lasten zu tragen bestimmt sind, oder als vortretende Mauerbestandtheile, welche zum Schutze gegen das Eindringen der Nässe dienen, verwendet; beim Wasser- und Brückenbau dagegen bilden sie immer die wichtigsten Konstruktionstheile von schwerbelasteten und der Erschütterung ausgesetzten Werken.

Festigkeit der Hausteine. Vielfach angestellte Versuche haben gelehrt, daß die meisten Steine schon durch die Hälfte derjenigen Belastung, durch welche sie zerdrückt werden, Risse bekommen. Hiernach wird in der Praxis bei der Wahl der Hausteine die Regel beobachtet, daß man die Steine nur mit dem dritten Theil derjenigen Last beschwert, unter welcher sie erfahrungsgemäß zerdrückt würden. Bei wichtigen, zumal der Erschütterung ausgesetzten Konstruktionen gebietet die Vorsicht, die Steine nur bis zum zehnten Theil ihrer rückwirkenden Festigkeit zu belasten. Die rückwirkende Festigkeit der Steine, worunter man deren Widerstand gegen das Zerdrücken versteht, wird im Allgemeinen um so größer sein, je gleichförmiger die Gemengtheile gemischter Steinarten unter sich sind, je näher sie zusammen liegen und je unveränderlicher der Kitt ist, welcher die Gemengtheile verbindet. Von wesentlichem Einfluß ist dabei das Gefüge der Steine. Ein harter Stein mit unregelmäßigem, muschligem Gefüge kann eine geringere rückwirkende Festigkeit haben als ein Stein von geringerer Härte, aber regelmäßigem, ebenem Gefüge. Es geht dies schon daraus hervor, daß nicht immer die schwersten Steine auch die stärksten sind, sondern bei gleicher oder geringerer Schwere diejenigen Steine die größte Last zu tragen im Stande sind, welche das feinste Korn, das dichteste ebene Gefüge und bei gleicher Art die dunkelste Färbung haben. Bei Steinen von gleicher Qualität nimmt die Festigkeit um so mehr zu, je größer ihre spezifische Schwere ist.

Von angestellten Erfahrungsresultaten Rondelet's zur Vergleichung des Widerstandes, welchen Hausteine beim Zerdrücken äußern, geben wir nachfolgende Tabelle:

№	Namen der Steinarten.	Gewicht eines Kubikfußes in Pfunden.	Gewicht in Pfunden, um einen Würfel von 4 □ Zoll Seitenfläche zu zerdrücken.
1.	Porphyr	195 Pfund.	119,808 Pfund.
2.	Basalt	214 "	114,508 "
3.	Weißer Sandstein	173 "	56,129 "
4.	Rother sehr harter Sandstein	176 "	49,445 "
5.	Schwarzer Marmor . . .	190 "	47,232 "
6.	Grauer Granit	191 "	39,168 "
7.	Grüner Granit	199 "	37,044 "
8.	Weißer Marmor	188 "	19,584 "

Andere Versuche mit Steinstücken verschiedener Größe ergaben, daß nachbenannte Hausteine auf den Quadratzoll Grundfläche von den nachbenannten Gewichten zerdrückt wurden:

1. Porphyr bei einer Last von . 26,261 Berliner Pfunden.
2. Basalt . . . . 22,638 " "
3. Weißer Kieselsandstein . . . . 11,398 " "
4. Grobkörniger Granit . . . . 9,224 " "
5. Schwarzer Marmor . . . . 7,824 " "
6. Fester rother Sandstein . . . 6,841 " "
7. Blättriger Kalkstein . . . . 5,500 " "
8. Weißer Marmor . . . . . 3,906 " "
9. Rother, weniger fester Sandstein 2,631 " "
10. Gelber Sandstein . . . . . 2,125 " "

Wetterbeständigkeit der Hausteine. Steine können eine große Festigkeit haben, gleichwol aber der Wirkung, welche die trennende Gewalt des Frostes auf dieselben ausübt, nicht widerstehen. In älteren Steinbrüchen läßt sich die Wetterbeständigkeit der Steine mit einiger Sicherheit an den Bruchflächen der Felsen erkennen. Bei wetterbeständigen Steinen bleiben die Bruchflächen bloßgelegter Felsen zu jeder Zeit scharfkantig; bei Steinen aber, welche dem Froste nicht widerstehen, erscheinen die Bruchflächen abgerundet, und es ist das Verwittern von Felsen, welche schon Jahre lang bloßgelegt sind, sehr deutlich an den abgerundeten, bröckligen oder schieferigen Bruchflächen und an dem zwischen den Klüften befindlichen Sande zu erkennen. Thonhaltige Steine, welche viel Nässe einsaugen und dieselbe hartnäckig zurückhalten, werden, bei sonst guter Beschaffenheit, zu den wetterbeständigen nicht gerechnet werden können, eben so wenig Steine

mit außen erkennbarem blättrigen Gefüge. Steine mit Ritzen und Lebern im Innern werden bei eindringender Nässe vom Froste gesprengt, andere mit thon- oder glimmerhaltigen Lagern spalten vom Froste in den Lagern auf. Da nun innere Zerklüftungen und Lebern, welche bei den festesten Steinen vorkommen können, außen nicht sichtbar sind, und sehr häufig auch, selbst bei der Bearbeitung, vorkommende Thon- oder Glimmerlager nicht entdeckt werden, so bleibt das Verfahren nach der aufgestellten Regel alter Praktiker, die Hausteine in Bezug auf ihre Wetterbeständigkeit dadurch zu prüfen, daß man sie mindestens einen Winter hindurch der Wirkung des Frostes aussetzt, und daß man bei Steinen aus neuen Brüchen die Wirkung mehrerer Winter abwarten soll, ehe man sie zum Bauen verwendet, immerhin das zuverlässigste. Die Wahrnehmung aber, daß Steine mehrere Jahre dem Froste widerstanden, später aber, in strengen Wintern, dennoch zerfroren; sowie die häufig eintretende Nothwendigkeit, selbst zu wichtigen Bauwerken frischgebrochene Steine sofort verwenden zu müssen, haben das Nachdenken wissenschaftlich gebildeter Techniker darauf hingelenkt, ein Mittel zu ersinnen, durch welches in wenigen Tagen erkannt werden könnte, ob ein Stein zerfrierbar wäre oder nicht. Der französische Mineralog Brard hat diese für das Bauwesen so überaus wichtige Aufgabe auf eine anerkannt befriedigende Weise gelöst. In einem deshalb erstatteten Berichte spricht sich Brard über die Resultate seiner Versuche in Nachfolgendem aus:

„Die zerfrierbaren oder eisklüftigen Steine zersetzen sich auf drei verschiedene Arten“: 1) In unregelmäßige, eckige Splitter. 2) In dünnere oder dickere Blättchen. 3) In gröbere oder feinere Körner.

„Die Steine, welche in unregelmäßige Splitter zerfrieren, sind gewöhnlich kalkhaltige, dichte Felssteine, auf deren Oberfläche man geradlinige, äußerst feine Streifen von grauer oder gelber Farbe wahrnimmt, die sich nach allen Richtungen durchschneiden.

„Die zweite Art bemerkt man an thonhaltigen, spaltbaren Kalksteinen, an grobem Schiefer und an glimmerhaltigen Felssteinen.

„Endlich sind Steine, welche fein zerbröckeln, die gewöhnlichsten. Von dieser Art sind die grob- und feinkörnigen Kalksteine, manche Granitarten und besonders Sandsteine. Ich sage nicht, daß alle diese Steinarten dem Zerfrieren unterworfen seien, sondern ich deute nur die Art und Weise an, wie sie vom Froste zerstört werden, wenn sie ihm nicht zu widerstehen vermögen.

„Die Kraft, welche den Zusammenhang zerfrierbarer Steine trennt, wenn man dieselben den Einwirkungen des Frostes und den in Europa so schnell aufeinander folgenden Abwechselungen der Witterung aussetzt, ist dieselbe Kraft oder dieselbe natürliche Ursache, welche die Bäume in unsren

Forsten bersten macht und welche die irdenen oder gläsernen Gefäße zersprengt, worin man Wasser gefrieren läßt.

„Dies anerkannt, handelte es sich zur Lösung der Aufgabe darum, eine Kraft zu finden, welche ähnlich wirkt, wie das gefrorene Wasser; nun erscheint unseren Begriffen zuerst die einer künstlichen Erschaffung der Kälte, um den zu prüfenden Stein so oft, als es für nöthig gehalten würde, derselben auszusetzen und dadurch eine befriedigende Ueberzeugung zu erlangen. Dieses Mittel wäre ohne Zweifel das allerbeste, wenn es im Großen anwendbar wäre; aber da dieses nicht der Fall ist und die kältenden Substanzen überdies manche Steine chemisch verändern, und so die eigentliche Wirkung des Frostes der Beobachtung entrücken könnten, so mußte man auf jenes Verfahren verzichten, ungeachtet aller Vortheile, die es zu versprechen schien. Vergleicht man aber das gefrorene Wasser mit einem krystallisirten Salz und seine Wirkungen mit denen der salzigen Substanzen, welche an der Oberfläche der Steine ausblühen und dieselben zuletzt in Staub verwandeln, so nimmt man entfernt eine Aehnlichkeit wahr, welche mehr und mehr sich bestätigt, wenn man die Resultate beider zusammenstellt.

„Ich muß gestehen, daß ich durch die Untersuchung der Wirkung eines Salzes auf irdene Gefäße den mir vorgesetzten Zweck dadurch zu erreichen hoffte, daß ich dabei die Krystallisationskraft eines Mauersalzes für die des gefrornen Wassers annahm. Ich hatte einige alte Bemerkungen über die ausdehnende Kraft der Salze zur Hand; ich wußte, daß einige Stollen von Salinen in Bayern oder Tyrol nach Verlauf weniger Jahre durch den bloßen Einfluß des salzsauren Natrums, welches die Felsen in allen Richtungen durchdringt, eingestürzt waren; auch war mir bekannt, daß das Dach und die Sohle von mehreren Steinkohlenschichten sich vereinigen, wenn das Brennmaterial weggenommen ist, und zwar allein durch das Aufschwellen des thonigen Schiefers; ich wußte auch, daß die Kreide, die man in Malta zum Bauen verwendet, in Staub zerfällt, sobald sie längere Zeit mit dem Meerwasser in Berührung kommt, und sodann stellte ich alle diese Thatsachen zusammen und begann die Versuche, von denen ich Rechenschaft geben und nur solche weglassen werde, deren Resultate mich nicht befriedigt haben.

„Salpetersaures Kali, salzsaures Natrum, schwefelsaure Talkerde, kohlensaures und schwefelsaures Natrum, Alaun und Eisenvitriol erscheinen vielfältig an der Oberfläche des sie enthaltenden Gesteines als Mineralblumen und verwandeln sie in Staub oder in Splitter ganz auf dieselbe Weise, wie gefrornes Wasser auf eisklüftige Steine wirkt. Nun habe ich eine beträchtliche Anzahl von Bausteinen verschiedener Beschaffenheit nach einander dem Einfluß von jedem dieser Salze unterworfen, um nachher

dasjenige wählen zu können, dessen ausdehnende Kraft mir am kräftigsten und schnellsten erscheinen würde. Das schwefelsaure Natrum — gemeiniglich Glaubersalz genannt — schien mir den Vorzug zu verdienen, weil mit ihm mir alle Versuche am vollständigsten gelungen sind. Ich übergehe daher mit Stillschweigen alle meine erfolglosen Versuche und Nachforschungen, die mich nur zu dem Verfahren hingeleitet haben, welches ich gegenwärtig als das geeignetste betrachte, um Steine von schlechter Beschaffenheit zu erkennen, und beschränke mich auf die Angabe, wie man sich die Gewißheit verschaffe, ob ein Baustein dem Froste zu widerstehen fähig sei oder nicht. Man läßt ihn zu diesem Ende eine halbe Stunde in Wasser kochen, das mit aufgelöstem Glaubersalz kalt gesättigt worden ist, sodann nimmt man ihn heraus und legt ihn in ein flaches Gefäß, dessen Boden man mit vorerwähnter Auflösung begießt, so daß der zu prüfende Stein etwa 1 Linie tief nur von unten leicht benetzt wird. Im Winter setzt man das Ganze in ein warmes Zimmer, im Sommer aber auf den Dachboden, damit das Ausblühen des Salzes, womit der Stein geschwängert ist, befördert werde. Nach Verlauf von 24 Stunden wird man den Probestein mit schneeigen Krystallblumen bedeckt und die Flüssigkeit verdunstet oder eingesogen finden. Man besprengt den Stein leicht mit reinem Wasser, bis alle Salznadeln gänzlich verschwunden sind, und der Stein, den man nicht aus dem Gefäß nimmt, gut abgewaschen ist. Es ist nicht selten, schon bei dieser ersten Abwaschung um den Probestein herum Körner, Blättchen oder eckige Bruchstücke zu finden, welche sich abgelöst haben, sowie viele andere noch locker haftende, vorausgesetzt, daß man an einem zerfrierbaren Stein die Untersuchung anstellt. Nun ist der Versuch im Fortgang, aber nicht als vollendet anzusehen; man muß vielmehr das Salz von neuem anschießen lassen, den Stein wieder besprengen und so 5—6 Tage lang fortfahren; war die Luft trocken und die Mineralblumen waren vollständig ausgebildet, so kann man nach Verlauf dieser Zeit über die gute oder schlechte Beschaffenheit des Probesteins im Klaren sein. Man wäscht ihn alsdann reichlich mit Wasser ab, sammelt aber vorher Alles, was im Laufe des Versuchs sich davon abgelöst hat, und schließt von der Menge dieser losgetrennten Theile auf den Grad der Verwitterung, den der Stein einst erleiden würde, wenn man ihn der Einwirkung des Frostes aussetzte.

„Sehr eisklüftige Steine, welche ich dieser Prüfung unterwarf, sind im Laufe des dritten Tages zerbröckelt, einige sind gänzlich zerfallen; die minder schlechten haben 5—6 Tage lang ausgedauert; aber wenige Steine, mit Ausnahme der härteren Granite, der dichten Kalksteine und des weißen Marmors, haben die Probe 30 Tage lang bestanden. Es giebt also einen Zeitpunkt, wo man aufhören muß, und ich glaube, daß acht Tage genügen sollten.

„Wenn man nur ein wenig mit Versuchen dieser Art vertraut ist, so ist Einem leicht Alles klar, was im Verlaufe der besprochenen Untersuchung vorkommen kann. Das siedende und mit Salzen gesättigte Wasser dehnt den Stein aus und durchdringt ihn auf eine gewisse Tiefe, beinahe wie das Regenwasser nach und nach in das Innere der, dem Einfluß der Atmosphäre ausgesetzten Steine einsickert. Reines Wasser nimmt beim Gefrieren einen größeren Raum ein als im flüssigen Zustande, daher macht es sich durch die Poren des Steines Platz und drückt die Wände der Zellengewebe auseinander, die es in diesem veränderten Zustande nicht mehr fassen können. Ebenso ist das Salz, welches im Augenblicke des Eindringens in das Innere des Steins im aufgelösten Zustande sich befindet, genöthigt, sich nach außen in dem Maße Platz zu machen, als sein Auflösungsmittel verdunstet und es zwingt, seine feste Gestalt wieder anzunehmen, unter welcher es gleichfalls mehr Platz einnimmt. Es ist ebenso begreiflich, daß das wiederholte Abwaschen und das Ansetzen von Krystallblumen, welches oben vorgeschrieben ist, keinen anderen Zweck hat, als die Trennung aller der Theile zu beschleunigen, die von der Masse sich loszureißen streben und die am Anfange der Prüfung nur leicht angegriffen worden sind. Ich werde indessen noch auf eine in die Augen fallende Aehnlichkeit aufmerksam machen, welche zwischen der Wirkung des gefrorenen Wassers und der des Ausblühens der Salze auf die Trennung zerfrierbarer Steine nur im Zustande schneeiger Efflorescenz, die offenbar von innen nach außen gerade wie die salzige Efflorescenz ausschlägt, während es im Zustande des festen Eises an der Oberfläche zerfrierbarer Steine verweilen kann, ohne sie anzugreifen; der gleiche Fall ist es mit den krystallisirten Salzen, welche in diesem Zustande durchaus keine Wirkung auf jene besondere Art von Steinen äußern."

Soweit Brard. Die Resultate seiner ersten Versuche haben sich durch zahlreich angestellte Experimente vollkommen bestätigt. Bei der Anwendung einer warm gesättigten, statt einer kalt gesättigten Auflösung von Glaubersalz, wurden Steine angegriffen, welche Jahrhunderte allen Unbilden der Witterung vollkommen widerstanden hatten.

Der an Gebäuden vorkommende Mauerfraß, gewöhnlich Kalksalpeter, durch welchen die Steine ähnlich wie durch den Frost zerstört werden, greift in der Wärme ebenfalls rascher um sich, als dies bei der Kälte der Fall ist. Der die Steine zerstörende Mauerfraß wird erzeugt, wenn das Mauerwerk an Orten, wo organische, vorzüglich thierische Substanzen im Zustande der Verwesung sich befinden, aufgeführt wird, oder wenn das Erdreich, worauf das Gebäude steht, mit Kochsalz durchdrungen ist, Selbst die Verwendung von salzhaltigem oder unreinem, faulichtem Wasser bei der Zubereitung des zum Vermauern der Steine angewendeten Mörtels kann Veranlassung sein

zum Entstehen von Mauersalzen, durch welche nach einer langen Reihe von Jahren selbst die festesten Steine zerstört werden können. Es müssen hiernach die Steine bei Bauwerken in der Nähe von Kloaken, Abzugskanälen 2c. oder auf einem Baugrunde, welcher Kochsalz enthält, durch geeignete Vorkehrungen gegen das Entstehen des Mauerfraßes gesichert werden.

Beschreibung der wichtigsten Hausteine.

Wir werden bei der Beschreibung der vorzugsweise zu Hausteinen in Anwendung kommenden Steinarten auf eine Eintheilung in Bezug auf die Beschaffenheit ihrer Masse keine Rücksicht nehmen und, mit den festesten Steinen beginnend, die stufenweise weniger festen nachfolgen lassen.

1. **Porphyr.** Dieser überaus feste und wetterbeständige Stein wurde schon von den Alten zu den werthvollsten Steinen gezählt und da er die schönste Politur annimmt und dauernd behält, zu Prachtsäulen und anderen Kunstwerken verwendet. Als Haustein zum Bauen dient der Feldsteinporphyr, welcher an vielen Orten Deutschlands als Findling vorkommt oder als Felsen gebrochen wird.

Die Hauptmasse, welche auch als dichter Granit bezeichnet wird, ist Feldsteinmasse mit Quarzkrystallen, Feldspathkrystallen, Quarzkörnern und anderen krystallinischen Theilen gemengt. Die Hauptmasse, welche die eingemengten Krystalle und Körner, welche letztere stets scharfkantig sind, umschließt, ist meist dunkler gefärbt. Die bezeichnende Farbe ist roth, in's Gelbe, Braune bis Schwarze übergehend. Bei vorherrschenden und innig gemengten Quarztheilen wird der bindende Cement hornsteinartig und der Stein überaus hart und unverwitterbar.

Die Quarzkrystalle sind bezeichnend für diese Steinart, im Allgemeinen aber weniger darin vorhanden als Feldspathkrystalle, und weiß, graulichweiß, perl- und aschgrau, auch zuweilen braun gefärbt. Die Feldspathkrystalle sind vorwiegend und oft von bedeutender Größe eingesprengt, und graulichweiß, gelblich, in's Grüne fallend und verschieden roth gefärbt. Der Porphyr ist nicht oder nur sehr undeutlich, oft beinahe senkrecht geschichtet, mehr platten- oder säulenartig zerklüftet. Kommt er durchlöchert vor, so ist er zu Mühlsteinen geeignet. Die festen Porphyre, welche zuweilen in großer Mächtigkeit vorkommen, sind schwerer zu sprengen als Granit und liefern einen vorzüglichen Haustein, welcher aus der Luft weniger Feuchtigkeit anzieht als die meisten festen Steine, und deshalb der Verwitterung in so hohem Grade widersteht, daß er als unverwitterbar betrachtet werden kann. Dichter Porphyr widersteht einer Belastung von 26,261 Pfunden auf den Quadratzoll Grundfläche, bevor er zerdrückt wird.

2. **Basalt.** Von dem als Basalt bezeichneten vulkanischen Gestein ist es besonders der unter dem Namen Erdschlacke oder Lungenstein bekannte verschlackte, poröse Basalt, welcher als Haustein von großem Werthe ist. Diese Steine, welche in manchen Gegenden in bedeutender Tiefe mächtig gelagert und in mächtigen Massen zerklüftet vorkommen, sind so fest, daß sie dem löcherigen Quarze vorgezogen und zu Mühlsteinen verarbeitet werden. Der Lungenstein ist als Haustein unverwitterbar und dabei in hohem Grade fest. Mit dem Mörtel, welcher in die Höhlungen des Steines eindringt uud an den kieselerdigen, rauhen Wandungen fest anhaftet, geht er die innigste Verbindung ein. Die große Festigkeit dieser Steine, welche einer Belastung von 22,638 Pfund auf den Quadratzoll Grundfläche widerstehen, bevor sie zerdrückt werden, sowie die vorzügliche Wetterbeständigkeit derselben, die sich an den Bauwerken der Römer am Rhein und der Mosel bewährt findet, rechtfertigt deren Verwendung als Hausteine ganz besonders beim Brückenbau und überall da, wo die größtmögliche Festigkeit und Dauer der Steine höher angeschlagen wird als das schöne Ansehen derselben. Der Mühlsteinbruch zu Niedermendig bei Andernach am Rhein, aus welchem mächtige Werkstücke des in bedeutender Tiefe vorkommenden verschlackten Basaltes zu Tage gefördert werden, lieferte die Steine zu den Fundamenten der wichtigsten Pfeiler des Kölner Doms, und es wurden die Pfeiler der Rheinbrücke bei Köln mit einer doppelten Quaderverkleidung aus demselben Steine versehen.

3. **Granit.** Die Hauptmasse dieses Urgesteins besteht aus Quarz, Feldspath und Glimmer. Die Gemengtheile liegen ohne bestimmte Ordnung in großer Verschiedenheit der Größe und Mischungsverhältnisse in krystalligkörnigem Gefüge so nebeneinander, daß sie, sich einander unmittelbar berührend, innig verbunden zusammenhängen. Der Quarz erscheint verschieden gefärbt, meist rauchgrau, selten weiß, blau oder grün, in Körnern von sehr verschiedener Größe und selten krystallisirt. Der Feldspath erscheint meist in krystallinischen Massen von sehr abwechselnder Größe und in sehr verschiedener Färbung, von Weiß in's Graue, Gelbe, Rothe sich ziehend, seltener olivengrün oder bläulichgrau. Der Glimmer erscheint in schimmernden Blättchen von verschiedener Größe und ebenso verschieden gefärbt, silberweiß, goldgelb, tombackbraun, violet, zuweilen sogar purpurroth und olivengrün.

Der Granit kommt als Gebirge in mächtigen Massen ohne deutliche Lagerung vor und ist häufig senkrecht oder in anderen Richtungen zerklüftet, seltener säulenförmig und dann nie regelmäßig. Weit ab von Granitgebirgen kommen in und auf angeschwemmtem Boden beinahe in allen Welttheilen einzelne Granitblöcke vor, welche als Geschiebe im nördlichen Deutschland unter dem Namen der Lesesteine bekannt sind. Diese Geschiebe

zeigen eine große Mannichfaltigkeit in der Mengung und Farbe und haben als Findlinge eine große Festigkeit und Dauer.

Von den Gemengtheilen des Granits ist der Feldspath am meisten der Verwitterung unterworfen. Auch der Glimmer verwittert und verliert Glanz und Farbe. Der Quarz verwittert beinahe gar nicht. Der Granit widersteht hiernach der Verwitterung um so mehr, als darin der Quarz vorherrscht.

Der Granit zeichnet sich als Haustein durch seine Wetter= und Feuerbeständigkeit bei einem hohen Grade von Festigkeit aus. Der feinkörnige und quarzreiche, dabei spath= und glimmerarme Granit ist, wenn er keine Sprünge hat, im Wetter nahezu unverwüstlich und hat eine Festigkeit, welche nur von der des dichten Basaltes und Porphyrs übertroffen wird. Grauer Granit von Findlingen trug eine Last von 9,224 Pfunden auf den Quadratzoll Grundfläche, bevor er zerdrückt wurde.

4. **Kalkstein.** Die ausgebreiteten Steinarten, welche durch's Brennen in lebendigen Kalk verwandelt und deshalb Kalksteine genannt werden, kommen im Mineralreiche in sehr großer Verschiedenheit an Härte, Bruch Mischung, und zwar in Ur=, Uebergangs= und Flötzgebirgen vor. Sehr viele Kalksteine haben eine große Dauer im Wasser und Froste, alle aber leiden durch große Hitze und sind mehr oder weniger dem Mauerfraße unterworfen. Hausteine dieser Steinart dürfen deshalb in der Nähe von Feuerungsanlagen nicht verwendet werden und sind ungeeignet zu Bauwerken in der Nähe von Kloaken, Abtritten und anderen Oertlichkeiten, wo durch Verwesung Salpetersäure erzeugt wird. Kommt der Kalkstein mit Kochsalz in Berührung, so wird er gleichfalls zerstört. Von den Kalksteinen eignen sich zur Verwendung als Hausteine: a. der Grobkalk; b. der Kalktuff und c. der körnige Kalk.

a. Der Grobkalk findet als Haustein ausgedehnte Anwendung. Mit etwas splitterigem, in's Unebene verlaufendem Bruche hat er ein sehr verschiedenes, gröberes oder feineres Korn und in der Regel eine gelbliche, aschgraue, bläulichgraue, zuweilen auch dunkelgraue Farbe. Er ist durchaus von Sand durchdrungen, oft mehr sandig als kalkig, zuweilen thonhaltig mit Anlage zum Schieferigen. Es kommen darin häufig kalzinirte Muscheln vor, zuweilen in so großer Menge, daß der sie umschließende Kalksinter mit den Muscheln in eine Masse zerflossen erscheint. Er kommt gleichlaufend, meist wagerecht und gerade geschichtet, auch zerklüftet in großartigen Massen vor, wobei die Schichtflächen oder Klüfte mit Sand, Mergel oder Thon gefüllt sind. Frisch aus dem Bruche ist er mild und leicht zu bearbeiten, nach dem Austrocknen wird er fester und ist meist sehr dauerhaft. Die fein= und gleichkörnigen Steine sind die festesten und wetterbeständigsten. Es giebt Grobkalksteine von sehr fester, dichter Kalkmasse, welche Muscheln ent=

halten, sehr löcherig und durchhöhlt sind, und welche, auf die hohe Kante gestellt, gleichen Widerstand leisten gegen das Zerdrücken, wie auf das natürliche Lager versetzte Steine von gleicher Festigkeit und Härte.

b. Der Kalktuff, auch Duckstein genannt, bildet eine blasige, schwammige und unregelmäßig durchlöcherte Kalksteinmasse von weißer, grauweißer, zuweilen brauner Farbe. Im Bruche weich, erlangt er an der Luft die Härte des Flötz- oder Grobkalkes. Der nur aus Kalksinter und Kieselerde bestehende Kalktuff ist ein überaus leichter und doch fester Baustein, weil die Wände der Zellen dicht wie Marmor und fest wie Flötzkalk sind. Im Freien ist der Kalktuff nicht wohl anwendbar, da er dem Froste nicht genügend widersteht; zum inneren Anbau aber ist er wegen seiner großen Leichtigkeit, und weil er eine so innige Verbindung mit dem Mörtel eingeht, daß davon ausgeführtes Mauerwerk als eine einzige, fest zusammenhängende Steinmasse betrachtet werden kann, ein werthvoller Baustein.

c. Der körnige Kalkstein, wozu die meisten Marmorarten zu rechnen sind, hat ein vom Grobkörnigen durch's höchst Feinkörnige bis zum Dichten übergehendes krystallinisches, körnigblättriges Gefüge. Die Bänke sind nicht durchgreifend, mehr Stöcke, ohne Regel, sehr abweichend in Dicke, Farbe und Fall, oft zerklüftet und meist eingelagert, besonders in Gneiß und Glimmerschiefer. Deutschland ist reich an Marmorarten der verschiedensten Färbung, von rein Weiß in's Graue bis zu Schwarz übergehend, Gelb und Roth mit sehr verschieden gefärbten Adern. An Festigkeit steht der schwarze Marmor obenan, denn er widersteht einer Last von 7,824 Pfunden auf den Quadratzoll Grundfläche bis zum Zerdrücken, während der weiße Marmor nur einer Belastung von 3,906 Pfunden auf den Quadratzoll bis zum Zerdrücken zu widerstehen im Stande ist. Die schwarzen und rein weißen Marmore sind die wetterbeständigsten.

5. **Sandstein.** Diese Steinart, welche aus einerlei oder aus verschiedenen, oft kaum mit unbewaffnetem Auge zu entdeckenden Trümmern älterer, vorzüglich kieselhaltiger Gebirgsmassen besteht, kommt in größeren Blöcken als irgend eine andere Steingattung vor und findet beim Bauwesen als Haustein schon um deswillen die ausgedehnteste Anwendung, weil die Steine bei regelmäßiger Schichtung und nicht sehr großer Härte leicht zu brechen und zu bearbeiten sind.

Die Körner der Sandsteine sind sehr verschieden an Form und Größe, zuweilen scharfkantig, meist aber mehr abgerundet. Das Gefüge der Sandsteine, im Kleinen körnig, ist im Großen schieferig. Die Schichtung der Bänke, häufig dem Wagerechten sich nähernd, ist in den Brüchen deutlich erkennbar, weniger die schieferige Fügung der Steine innerhalb der Bank; die Blätter scheinen im feuchten Zustande zusammenzuhängen, sie trennen sich aber, wenn die Austrocknung schnell erfolgt, oder der Frost auf den

Stein wirkt. Die schieferige Fügung der meisten Sandsteine trägt zur Vermehrung der rückwirkenden Festigkeit derselben wesentlich bei, wenn die Last senkrecht auf deren Lager wirkt. Auf die hohe Kante gestellt, werden schieferige Steine leicht verwittern und bei einigermaßen großer Belastung gespalten und zerdrückt werden.

Als allgemein giltige Regel ist deshalb anzunehmen, daß schwerbelastete Sandsteinquader oder Werkstücke so versetzt werden müssen, daß der Druck, welchem sie zu widerstehen haben, senkrecht auf deren natürliches Lager wirkt. Ebenso müssen vor die Mauerflucht vortretende Steine zur Sicherung gegen das Abblättern auf das Lager gelegt werden. Auf's Haupt gestellte Steine, als: Säulen, Pfeiler, Fenstergewände u. s. w., müssen so versetzt werden, daß das Lager in die Mauerflucht, das Haupt dagegen in die Leibung kommt, um letzteres gegen die nachtheiligen Einwirkungen der Witterung zu schützen.

Nach der Beschaffenheit des Bindemittels, — Kittes — welches nie den vorwaltenden Gemengtheil ausmacht, unterscheidet man die Sandsteine als:

a. Kiesel-, b. Thon-, c. Kalk-, d. Mergel- und e. Eisensandsteine.

a. Kieselsandstein. Die Hauptmasse besteht aus Quarzkörnern, welche unter sich durch einen kieselartigen Kitt verbunden sind. Reine Kieselsandsteine haben eine weiße oder gelblich-graue Farbe. Ist das Korn fein und sind die Quarzkörner scharfkantig und ineinandergreifend, gleichmäßig durch das quarzige Bindemittel zusammengekittet, so ist der Kieselsandstein in Bezug auf Festigkeit und Dauer zu den vorzüglichsten Bausteinen zu rechnen und selbst dem Granit vorzuziehen. Fester Kieselsandstein widersteht einer Last von 11,398 Pfunden auf den Quadratzoll Grundfläche, bevor er zerdrückt wird.

Sind die reinen Kieselsandsteine selten, so kommen dagegen die rothen oder bunten Kieselsandsteine ungemein häufig vor. Das Bindemittel der Quarzkörner und anderer darin vorkommenden Gemengtheile ist bei dem rothen Sandsteine kieselhaltiger eisenschüssiger Thon. Der Bruch ist erdig und weniger scharf als bei den farblosen Kieselsandsteinen. Kann im Allgemeinen angenommen werden, daß die rothen Kieselsandsteine an Festigkeit und Dauer den farblosen von sonst gleicher Beschaffenheit nachstehen, so haben doch einige Gattungen, welche sich durch ein gleiches und feines Korn, sehr regelmäßige Lagerung und in der Regel auch durch eine gleichmäßige dunkle Färbung auszeichnen, eine große Festigkeit und widerstehen der Witterung vollkommen.

Fester rother Sandstein widersteht einer Last von 6841 Pfunden auf den Quadratzoll Grundfläche bis zum Zerdrücken, während weniger fester Sandstein schon bei einer Last von 2,631 Pfund zerdrückt wird.

b. Thonsandstein. Dieser Sandstein, bei welchem die Quarz- und anderen Körner der Hauptmasse mit einem Thonkitte untereinander verbunden sind, ist leicht an dem erdigen, mageren Bruch und daran zu erkennen, daß er, mit Wasser angefeuchtet, dasselbe begierig einsaugt und dabei einen starken Thongeruch verbreitet. Die Farbe ist in der Regel grauweiß, in's Gelbe, Bräunliche und Grünliche übergehend, doch kommen auch rothe Thonsandsteine vor.

Frisch aus dem Bruche ist der Thonsandstein weich und mild zu bearbeiten, an der Luft wird er härter. Enthält er Glimmer, welcher häufig in dünnen Lagen vorkommt, so ist er dem Verwittern sehr unterworfen. Bei der Eigenschaft des thonigen Bindemittels, das Wasser begierig einzusaugen und hartnäckig zurückzuhalten, eignen sich nur wenige Thonsandsteinarten zur Anwendung im Freien, und es gebietet die Vorsicht, die Wetterbeständigkeit derselben sorgfältig zu prüfen und zu wichtigen Theilen einer Hausteinkonstruktion nur solche Steine zu verwenden, welche sich durch die Winterprobe bewährt haben. Zu Feuerungsanlagen ist der Thonsandstein einer der schätzbarsten Bausteine und wegen seiner leichten Bearbeitung dazu sowie zum inneren Ausbau besonders geeignet.

c. Kalksandstein. Diese Sandsteinart enthält außer Quarz auch Feldspath und Thonschiefer in Körnern nebst Glimmerschuppen, und das Bindemittel dieser Gemengtheile ist thonhaltige Kalkerde. Wegen seines kalkhaltigen Bindemittels, welches sich durch das Aufbrausen darauf angewendeter Säuren zu erkennen giebt, ist er unbrauchbar im Feuer, und wenn er als quarzreicher Stein zuweilen eine genügende Festigkeit als Haustein hat, so ist er doch wegen seines thon- und kalkhaltigen Bindemittels selten wetterbeständig.

Im Bruche weich und an der Luft erhärtet, hat der Stein eine weißgelbe, in's Braune oder Grüne übergehende Farbe.

d. Mergelsandstein. In diesem Steine sind die Quarz- und anderen Körner durch Mergel verbunden. Im Bruche hart, zieht er aus der Luft Feuchtigkeit an und zerfällt durch die Einwirkung der Sonne und des Frostes sehr bald im Freien. Von allen Sandsteinarten ist er, an ungünstigen Oertlichkeiten verwendet, dem Mauerfraße am meisten unterworfen und als Haustein der schlechteste.

e. Eisensandstein. Die Quarzkörner dieses Sandsteins sind mit thonhaltigem Eisenoxyd oder Oxydhydrat gebunden, und es ist derselbe dadurch gelb, in's Braune bis zu Rothbraun übergehend gefärbt. Im Trocknen verwendet, hat der meist scharfkantige Stein zuweilen eine Festigkeit, welche der der besten rothen Kieselsandsteine nicht nachsteht; da aber das Bindemittel durch Feuchtigkeit in eine höhere Oxydationsstufe übergeht, womit eine Ausdehnung der Masse, ohne die Einwirkung des Frostes, verbunden

ist, so zerbröckelt er im Freien. Die gelb gefärbten Steine sind besonders dem Verwittern unterworfen, wogegen die dunkel gefärbten, bei welchen das Eisen des Bindemittels schon eine sehr hohe Oxydationsstufe erreicht hat, zuweilen recht gut im Wetter stehen. An älteren Bauwerken zeigen sich dunkel gestreifte Steine nur an den hellen Stellen ausgewittert, während die dunkeln Streifen dem Froste widerstanden haben.

Der Beschreibung von denjenigen Steinen, welche als Hausteine von dem Steinmetzen verarbeitet werden, lassen wir eine Tabelle nachfolgen, aus welcher das spezifische Gewicht derselben sowie das mittlere Gewicht eines Kubikfußes entnommen werden kann.

Benennung der Steine.	Spezifisches Gewicht.		Mittleres Gewicht			
	Kleinstes.	Größtes.	eines Wiener Kubikfußes in Wiener Pfunden.	eines preuß. Kubikfußes in preußischen Pfunden.	eines bayer. Kubikfußes in bayerischen Pfunden.	eines Gr. Hess. Kubikfußes in Gr. Hess. Pfunden.
Porphyr .	2,395	2,793	146,500	171,204	115,000	81,062
Basalt . .	2,176	3,970	179,062	209,500	140,800	96,031
Granit . .	2,576	2,668	147,828	173,000	116,242	81,937
Kalkstein .	2,500	2,800	149,400	174,900	116,600	82,812
Marmor .	2,744 im Mittel		154,706	181,104	121,950	85,750
Sandstein .	2,151 im Mittel		121,273	141,972	95,362	67,218

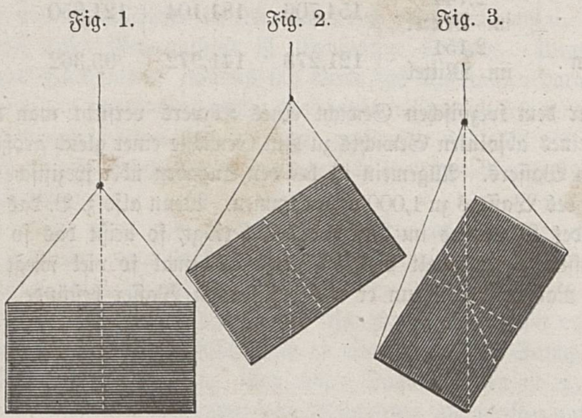
Unter dem spezifischen Gewicht eines Körpers versteht man das Verhältniß seines absoluten Gewichts zu dem Gewichte einer gleich großen Masse destillirten Wassers. Allgemein ist bei den Angaben über spezifische Gewichte dasjenige des Wassers zu 1,000 angenommen. Wenn also z. B. das spezifische Gewicht des Marmors im Mittel 2,744 beträgt, so heißt das so viel, daß ein gewisser Rauminhalt dieses Steins 2,744mal so viel wiegt wie der nämliche Rauminhalt, wenn er aus destillirtem Wasser bestünde.

Zweiter Abschnitt.

Von den Grundsätzen des Verbandes für Hausteinmauern und Stützpfeiler.

Stabilität. Nehmen wir an, daß Hausteine nicht durch Mörtel oder ein anderes Mittel untereinander verbunden werden, so sind die Hausteinkonstruktionen als eine Vereinigung fester Körper zu betrachten, welche sich nur dadurch erhalten, daß sie, durch ihre Form und Lage, den aus ihrer Schwere folgenden vereinigten Kräften Widerstand leisten. Die Schwere, eine stetige Kraft, deren Wirkung wir an allen Körpern wahrnehmen, wenn dieselben durch keinen Widerstand aufgehalten werden, steht bei festen Körpern verschiedener Art mit der Menge der Theile im Verhältniß, die in einem und demselben Raume enthalten sind, so daß diejenigen Körper ein größeres Gewicht haben, deren Theile feiner und einander mehr genähert sind.

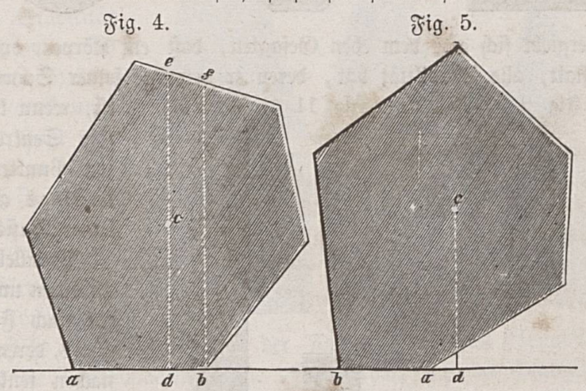
Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.



Wird ein fester Körper an einem Faden oder Seile aufgehängt, so spannt er das Seil oder den Faden in einer Richtung an, welche senkrecht auf dem Horizont oder auf der Oberfläche des Wassers steht. Der aufgehängte Körper nimmt dabei eine Lage an, daß die, in Beziehung auf eine den Körper in der Verlängerung des Fadens oder Seiles durchschneidende Linie, entgegengesetzten Theile des Körpers gleich schwer sind, so daß diese Linie als eine Achse des Gleichgewichts zu betrachten ist. So oft nun der Aufhängepunkt verändert wird, eben so oft giebt die verlängerte Richtung

des Fadens eine neue Achse, wie dies aus Fig. 1, 2 und 3 zu ersehen ist, welche einen und denselben Körper an drei verschiedenen Punkten aufgehängt so darstellen, daß in Fig. 1 die Achse für den ersten Aufhängepunkt, in Fig. 2 die Achsen für den ersten und zweiten Aufhängepunkt und in Fig. 3 die Achsen für den ersten, zweiten und dritten Aufhängepunkt punktirt eingezeichnet sind. Diese Achsen schneiden sich in einem und demselben Punkte, im Mittelpunkte der Masse des Körpers.

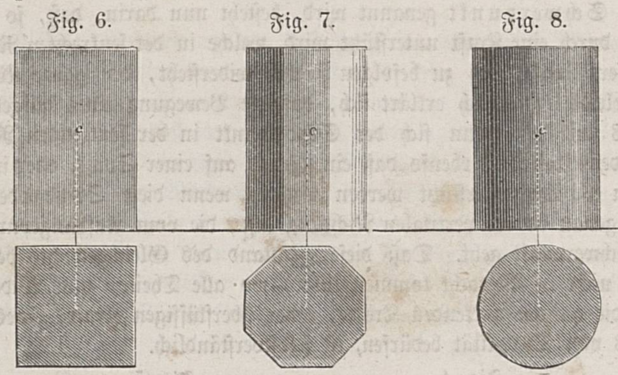
Die Eigenschaft dieses im Mittelpunkte des Körpers gelegenen Punktes, welcher Schwerpunkt genannt wird, besteht nun darin, daß, so oft ein Körper durch eine Kraft unterstützt wird, welche in der senkrechten Richtung, die dieser Punkt stets zu befolgen strebt, widersteht, der ganze Körper in Ruhe bleibt. Hiernach erklärt sich, daß die Bewegung eines aufgehängten Körpers aufhört, wenn sich der Schwerpunkt in der senkrechten Richtung des Fadens befindet; ebenso daß ein Körper auf einer Spitze, oder in einem einzigen Punkte unterstützt werden könnte, wenn diese Spitze oder dieser Punkt genau in der vertikalen Richtung läge, die vom Aufhängepunkt nach dem Schwerpunkt geht. Daß dieser Zustand des Gleichgewichts bei Bauwerken nicht in Betracht kommen kann, wo alle Theile, zum Widerstande gegen die auf sie wirkenden Kräfte, einer überflüssigen Kraft, eines hohen Grades von Stabilität bedürfen, ist selbstverständlich.



Setzt man einen unregelmäßigen Körper Fig. 4 auf eine horizontale Ebene, so daß er mit einer seiner Flächen ab aufliegt und der aus dem Schwerpunkt gefällte Perpendikel cd nicht außerhalb seiner Basis fällt, so wird sich dieser Körper auf der unterstützenden Ebene mit einem Grade von Stabilität erhalten, welcher durch die Differenz der Theile abf und bfg ausgedrückt wird. Da ecd eine Achse des Gleichgewichts ist, so wird der zwischen ade enthaltene Theil dem zwischen bde genau gleich und die Differenz, welche den Grad der Stabilität ausdrückt, wird bdef sein. Befände

sich das Ende des Körpers genau an der Stelle, wo der aus dem Schwerpunkt gefällte Perpendikel hintrifft, so wäre der Körper im Gleichgewicht, wenn er nur auf einer Linie ruhte in deren Richtung der Punkt b liegt; allein die geringste Kraft würde ihn umwerfen, indem sie ihn um den Punkt b drehte. Fällt nach Fig. 5 der aus dem Schwerpunkt gefällte Perpendikel außerhalb der Basis, so kann der Körper nicht in seiner Lage bleiben und fällt nach der Seite, auf welcher der nicht unterstützte Schwerpunkt liegt.

Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8.



Es ergiebt sich aus dem eben Gesagten, daß ein Körper, von irgend einer Gestalt, alle Stabilität hat, deren er vermöge seiner Schwere fähig ist, wenn keine einzige Senkrechte aus den Punkten seines Umfangs außerhalb seiner Basis fällt.

Fig. 9. Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12.

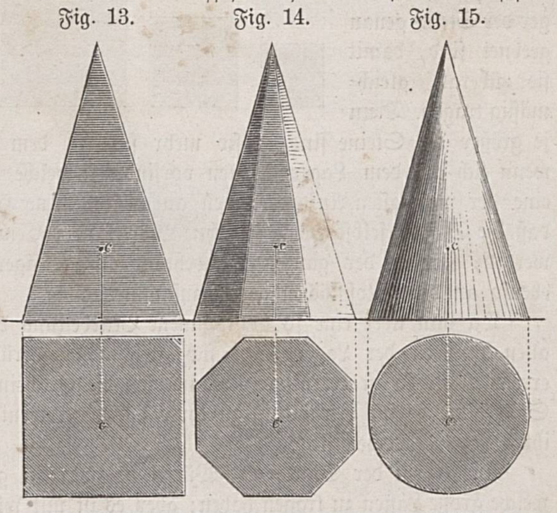


Parallelepipeden, Prismen und Cylinder nach Fig. 6, 7 und 8, deren Seitenflächen senkrecht auf der Basis stehen, haben auf einer horizontalen Ebene die ganze Stabilität, die aus ihrer Form und Schwere folgen kann

Da der Schwerpunkt dieser Körper in der Achse liegt, welche auf die Mitte der Basis trifft, so ergiebt sich daraus ein ganz gleicher Widerstand

nach allen Richtungen. Die Stabilität der Prismen von gleichen Grundflächen vermindert sich aber in demselben Verhältnisse, als sie an Höhe zunehmen. Die in Fig. 9, 10, 11 und 12 dargestellten Parallelepipeden, deren Höhen sich wie 1, 2, 4, 8 verhalten, haben eine Stabilität, welche sich wie das Ganze, die Hälfte, ein Viertel und ein Achtel ihres Gewichts verhält; angenommen, daß diese Körper vollkommen regelmäßig und auf eine horizontale Ebene genau senkrecht gesetzt sind. Diese Verminderung der Stabilität nimmt mit vermehrter Höhe in der Wirklichkeit noch in größerem Maße zu, so daß ein Prisma, dessen Höhe 40 Mal größer wäre als der Durchmesser der Grundfläche, sich nicht mehr würde erhalten können. — Die Stabilität fester Körper von gleicher Grundfläche nimmt in dem Verhältniß ab, in welchem die Höhe des Schwerpunkts zunimmt. Bei den Parallelepipeden, Prismen und Cylindern Fig. 6, 7 und 8 liegt der Schwerpunkt in der Mitte der Achse, während derselbe bei Pyramiden und Kegeln, Fig. 13, 14 und 15, nur um ein Viertel der Höhe von der Grundfläche entfernt ist. Hieraus folgt, daß die Stabilität einer Pyramide sich zu der eines Prisma von gleicher Grundfläche und Höhe verhält, wie 2 zu 1, das heißt, daß sie doppelt so groß ist.

Fig. 13. Fig. 14. Fig. 15.

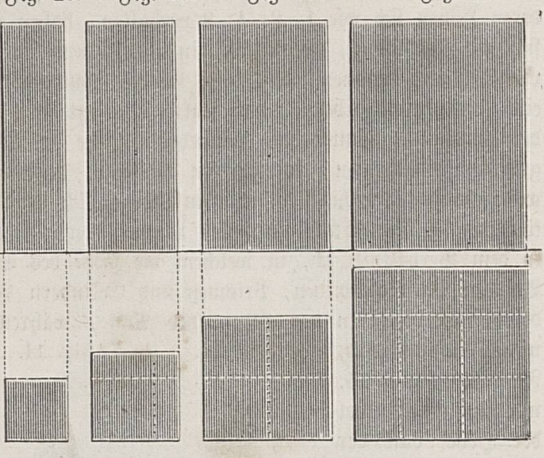


Der Widerstand fester Körper von gleicher Form und gleicher Höhe verhält sich wie der Durchmesser ihrer Grundfläche und nicht wie die Grundflächen selbst. So verhält sich die Stabilität der in den Fig. 16, 17, 18 und 19 dargestellten Parallelepipeden, deren Grundflächen sich wie 1, 2, 4 und 8 verhalten wie $\sqrt{1} : \sqrt{2} : \sqrt{4} : \sqrt{8}$.

Alle Theile fester und schwerer Körper haben das Bestreben, sich in einer senkrechten Linie abwärts zu bewegen; sie werden deshalb nur auf einer horizontalen Ebene vollkommen unterstützt werden. Die beste Form, die man den Hausteinen zu Mauern oder Pfeilern geben kann, wird sonach die eines senkrechten Parallelepipedes oder von Prismen sein. Werden Steine von dieser Form im Verbande und in horizontalen Schichten auf einander gesetzt,

so wird die Wirkung der Schwere auf ihre Basis fallen, und es wird der Druck jedes Steins auf den anderen ihre Stabilität vermehren. Werden die Steine durch die Wirkung der Schwere mit einander verbunden, so folgt daraus, daß, je größer die Steine sind, desto größer ihre Stabilität und desto fester ihre Verbindung sein wird. Dabei muß jedoch vorausgesetzt werden, daß die Lager der Steine genau geebnet sind, damit sie überall gleichmäßig tragen. Denn je größer die Steine sind, desto mehr sind sie dem Zerbrechen ausgesetzt, wenn sich auf dem Lager Stellen vorfinden, welche nicht tragen. Es ist eine der wichtigsten Anforderungen an vollkommene Hausteinkonstruktionen, daß die Steine, selbst wenn sie ohne Mörtel oder Cement aufeinandergesetzt werden, sich in der ganzen Ausdehnung ihrer Lagerflächen berühren und ebenso an den Stoßflächen genau zusammenpassen.

Fig. 16. Fig. 17. Fig. 18. Fig. 19.



Da nun aber eine so vollkommene Bearbeitung der Steine, daß sie in allen Punkten der Lagerflächen sich gleichmäßig berühren, sehr schwer zu erreichen ist, so ist bei älteren Bauwerken die Erscheinung nicht selten, daß Steine, welche im Verhältniß zu ihrer Länge zu wenig Dicke haben, unter ihrer Last zerbrochen sind.

Die Form der Steine als Würfel ist zwar die geeignetste zu Werken, welche große Lasten zu tragen haben; aber es ist mit würfelförmigen Steinen kein guter Verband herzustellen und die Stabilität ist geringer als bei Steinen mit größerer Grundfläche. Haben dagegen die Steine eine Länge, welche viel größer ist als ihre Höhe, so haben die Steine zwar eine größere Stabilität und gestatten eine zweckmäßige Verbindung, aber sie besitzen weniger Kraft, dem Druck der Last zu widerstehen. Die Resultate angestellter Versuche stimmen darin überein, daß die Länge eines Steines von mittlerer Härte und Festigkeit auf das Doppelte bis Dreifache der Höhe, und deren Breite zwischen dem $1\frac{1}{2}$- und Zweifachen der Höhe bestimmt werden kann. Bei sehr harten und festen Steinen, welche bearbeitet mehr als 1 Fuß Dicke haben, kann man die Länge 4- bis 5mal, und ihre Breite

2- bis 3mal größer als die Höhe annehmen. Größere Dimensionen sind nur ausnahmsweise gestattet.

Wir geben in den Fig. 20 bis 24 die entsprechendsten Dimensionen von Hausteinquadern.

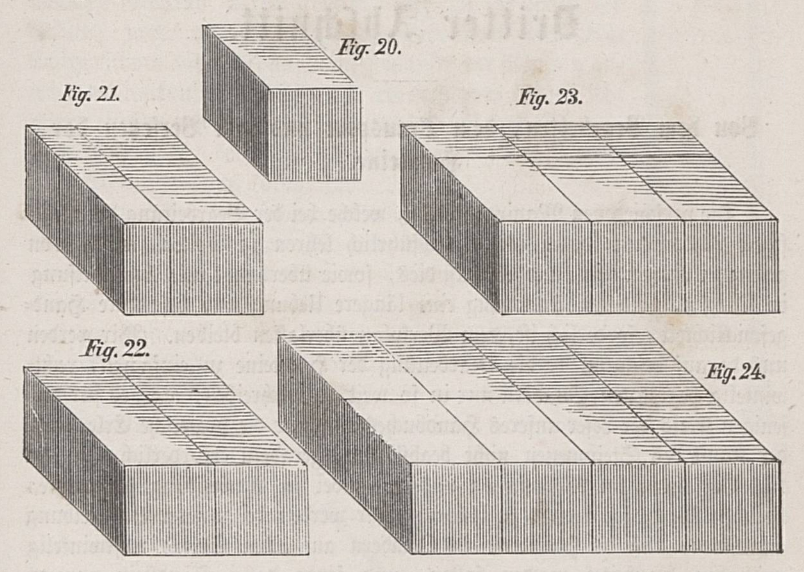


Fig. 20 ist die der größten Belastung entsprechende Würfelform für schwerbelastete Pfeiler. Bei Fig. 21 ist die Länge und Breite $1^1/_2$mal so groß wie die Höhe, ein Verhältniß, durch welches eine größere Stabilität als beim Würfel erreicht wird, und zugleich ein besserer Verband der Steine zu Mauerwerk hergestellt werden kann. In Fig. 22 beträgt die Länge das Doppelte der Höhe und die Breite ist $1^1/_2$mal größer; diese Abmessungen entsprechen den Sandsteinquadern von mittlerer Festigkeit und anderen Steinen von ähnlicher Festigkeit und nicht sehr großer Härte am besten. Fig. 23 giebt das Verhältniß für Steine von mittlerer Härte; die Länge beträgt das Dreifache der Höhe und die Breite das Doppelte. Für harte Steine, wie Granit, Marmor u. s. w., giebt Fig. 24 die entsprechendsten Dimensionen; die Länge ist nämlich viermal und die Breite doppelt so groß wie die Höhe.

Dritter Abschnitt.

Von dem Bearbeiten, dem Transport und dem Versetzen der Hausteine.

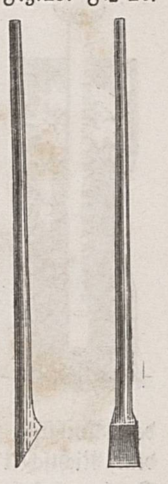
Die verschiedenen Manipulationen, welche bei der Bearbeitung der Hausteine vorkommen, durch Worte ausführlich lehren zu wollen, würde von geringem Nutzen sein, und es muß dies, sowie überhaupt alle Unterweisung in Dingen, zu deren Erlernung eine längere Uebung und besondere Handgeschicklichkeit erforderlich ist, dem Werkplatz überlassen bleiben. Wir werden uns darauf beschränken, die Bearbeitung der Hausteine zu einfachen, rechtwinkelig begrenzten Quadern nur in so weit zu beschreiben, als es für denjenigen Kreis der Leser unseres Handbuches, welcher die praktische Erlernung der Kunst des Steinmetzen nicht beabsichtigt, geradezu erforderlich ist, um das Verfahren im Allgemeinen und die dabei in Anwendung kommenden üblichen Werkzeuge kennen zu lernen. Wir werden bei unserer Beschreibung annehmen, daß die Hausteine als Quadern auf allen Seiten rechtwinkelig und eben bearbeitet werden sollen, und setzen dabei Sandstein voraus, welcher am leichtesten sich bearbeiten läßt.

Das Aufbänken.

Vor der Bearbeitung wird der Stein auf dem Werkplatze aufgebänkt. Das Aufbänken besteht darin, daß man den Stein durch Unterlagen in die zur Bearbeitung geeignete Stellung und so viel über den Boden bringt, daß der Steinhauer die Arbeit stehend oder sitzend vornehmen kann. Zum Aufheben bedient sich der Arbeiter eines Hebels von Eisen, des sogenannten Hebeeisens, und der Winde. Das Hebeeisen, welches, je nach der Größe und Schwere der Steine, in verschiedenen Längen und Stärken angewendet wird, ist wie das Pfahleisen nach oben verjüngt, hat aber an dem stärkeren Ende keine Spitze, sondern eine flache keilförmige Gestalt, wie aus Fig. 25, welche das Eisen von der Seite, und Fig. 26, welche dasselbe von vorne darstellt, zu ersehen ist. Dasselbe wird als einfacher Hebel nach Fig. 27 mit dem Stützpunkte a, dem Angriffspunkt der Last b und dem Angriffspunkt der Kraft c, oder als zweiarmiger Hebel nach Fig. 28, mit dem Stützpunkt a auf der Unterlage, dem Angriffspunkt der Last b und dem

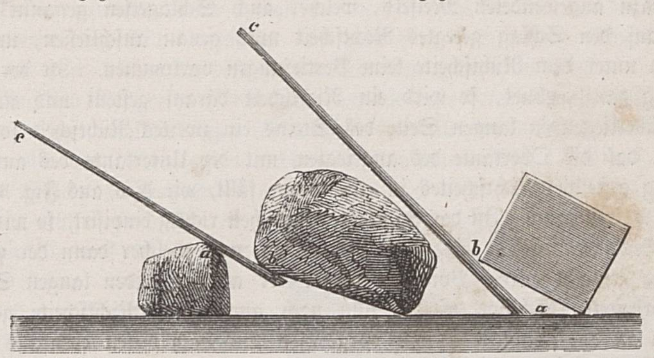
Angriffspunkt der Kraft c angewendet. Kann mit einem langen Hebeeisen wenn es nach Fig. 28 als zweiarmiger Hebel gebraucht wird, schon eine beträchtliche Last gehoben werden, weil dabei die Arbeiter mit ihrem ganzen Gewichte von dem Angriffspunkte der Kraft c abwärts drückend wirken können, und zu der Kraft der Arbeiter noch das Gewicht des Hebeeisens von dem Stützpunkte a bis zu dem Angriffspunkte der Kraft c zugerechnet werden kann, so reicht es doch zum Heben sehr großer Lasten um deswillen nicht aus, weil das Eisen zu kurz ist und an demselben die dazu erforderliche Anzahl von Arbeitern keinen Platz findet.

Fig. 25. Fig. 26.



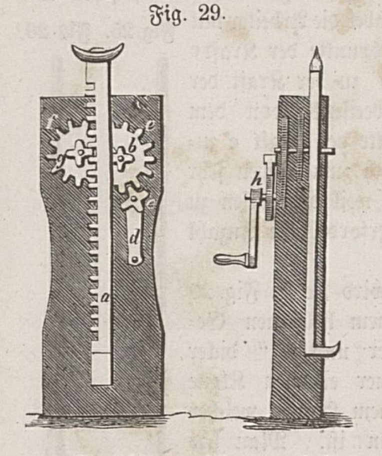
Zum Heben sehr schwerer Steine wird die in Fig. 29 dargestellte Winde angewendet. In einem hölzernen Gehäuse befindet sich ein etwa 2″ breiter und 3/4″ dicker eiserner Stab, welcher oben mit einer eisernen Klaue versehen und unten nach außen zu einem Haken, welcher im rechten Winkel vortritt, umgebogen ist. Man hat Winden mit einfachem und solche mit doppeltem Getriebe. Bei den Winden mit einfachem Getriebe wird die gezahnte Zugstange a durch ein Stirnrad c und ein Getriebsrad b, welche durch eine Kurbel d in Bewegung gesetzt werden, gehoben. An Winden mit doppeltem Getriebe sind außer den angeführten zwei Rädern noch zwei andere angebracht, von denen das Rad f in das kleine Rad b eingreift und das Rad g erst zum Bewegen der Zugstange bestimmt ist. An beiden Winden ist außerhalb des Gehäuses, zur Verhütung des Zurücksinkens der gehobenen Last, ein Sperrrad h nebst Sperrhaken angebracht. Bei der Anwendung der Winden werden die zu hebenden

Fig. 28. Fig. 27.



Steine zuerst mit dem unteren Haken gefaßt und durch das Aufwinden der Zugstange auf eine solche Höhe gehoben, bis unter den, durch Unterlagen in seiner Lage erhaltenen Stein die am oberen Ende der Zugstange befindliche Klaue angesetzt werden kann. Durch Untersätze von Holz, welche zwischen der Klaue und dem zu hebenden Stein angebracht werden, kann die Hubhöhe nach Belieben vermehrt werden.

Fig. 29.



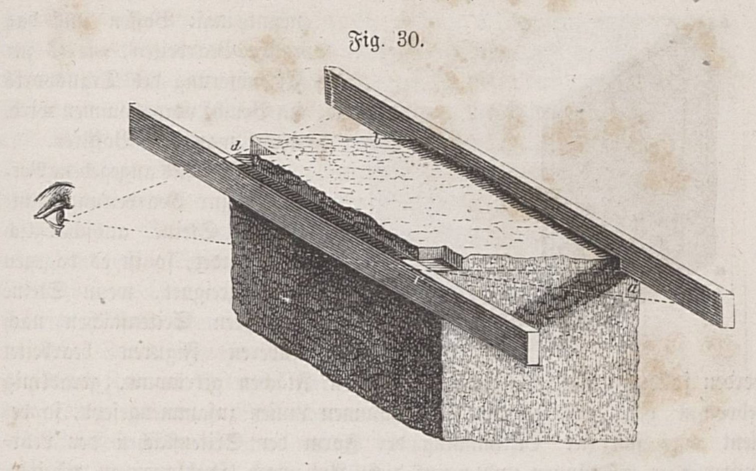
Das Bearbeiten.

Ist der Stein aufgebänkt, so beginnt der Steinhauer dessen Bearbeitung damit, daß er an einer der langen Seiten des Lagers, nach einer mit dem Rothstift, welcher am besten aus faserigem Rotheisenstein besteht, nach dem Richtscheit vorgerissenen Linie, einen geraden Schlag macht. Der Schlag besteht aus einer schmalen Fläche von der Breite der Schneidbahn des dazu angewendeten Meisels, welcher auch Schlageisen genannt wird. Ein auf den Schlag gelegtes Richtscheit muß genau anschließen, und es dürfen unter dem Richtscheite keine Vertiefungen vorkommen. Ist der erste Schlag ganz geebnet, so wird ein Richtscheit darauf gestellt und auf der gegenüberliegenden langen Seite des Steins ein zweites Richtscheit so einvisirt, daß die Oberkante des angelegten, mit der Unterkante des auf den Schlag gestellten Richtscheites in eine Ebene fällt, wie dies aus Fig. 30 ersehen werden kann. Ist das angelegte Richtscheit richtig einvisirt, so wird an der Oberkante desselben eine Linie vorgerissen, nach welcher dann der zweite Schlag gemacht wird. Von den Enden der an den beiden langen Seiten eingearbeiteten Schläge werden nun nach angelegtem Richtscheite gerade Linien an den schmalen Seiten vorgerissen und nach diesen ebenfalls zwei Schläge bearbeitet. Diese vier Schläge liegen nun genau in einer Ebene und dienen dazu, daß bei der Bearbeitung der Lagerfläche des Steins die Richtigkeit der Arbeit dadurch geprüft werden kann, daß man das Richtscheit nach verschiedenen Richtungen über die zu bearbeitende Fläche führt und mit der Abarbeitung der Unebenheiten so lange fortfährt, bis das Richtscheit nach jeder Richtung genau auf zwei der ringsum gearbeiteten Schläge und auf der bearbeiteten Fläche aufliegt. Ist dieses der Fall, so bildet die bearbeitete Fläche eine Ebene.

Ist die Bearbeitung der ersten Lagerfläche beendet, so wird der Stein

so umgekantet, daß ein Haupt der langen Seite nach oben zu liegen kommt und auf diesem an beiden Enden ein Schlag gemacht, welcher auf der zuerst bearbeiteten Lagerfläche senkrecht steht.

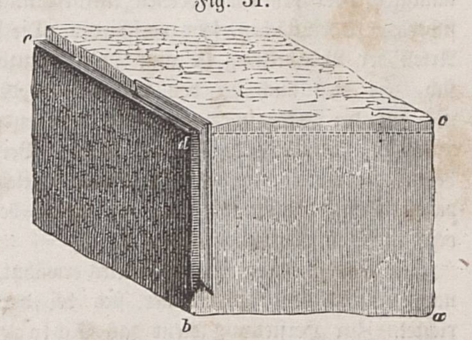
Fig. 30.



Die senkrechte Richtung der Schläge wird nach Fig. 31 durch ein Winkeleisen bestimmt, welches man mit dem langen Schenkel an der bereits bearbeiteten Lagerfläche anschlägt und nun nach dem kurzen Schenkel die Linie für den Schlag an dem zu bearbeitenden Haupte vorreißt.

Nachdem die zweite Fläche ganz wie die erste bearbeitet ist, wird zur Bildung einer rechtwinkeligen körperlichen Ecke eine dritte Fläche bearbeitet, welche mit den beiden ersten rechtwinkelig zusammenstößt. Die auf dieser dritten Fläche zu fertigenden Schläge müssen nach Fig. 32 rechtwinkelig auf der zweiten Fläche stehen, zugleich aber auch in der Richtung der in ab angegebenen Begrenzungslinie liegen, sonach ebenfalls senkrecht auf der ersten stehen. Sind diese drei Flächen des Steins bearbeitet, so können dann, unter Anwendung des Winkels, die Abmessungen desselben nach der Länge, Breite und Höhe aufgetragen, und es kann darnach der Stein vollendet werden.

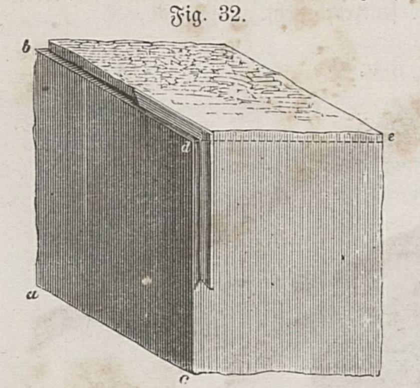
Fig. 31.



Wir haben angenommen, daß alle Flächen des Steins eben bear=

beitet werden sollen. Dies ist jedoch nicht immer der Fall, vielmehr bleiben zuweilen einzelne Flächen zwischen den Schlägen rauh stehen.

Fig. 32.



Rauh stehen bleibende Theile nennt man Bossen und das rauhe Bearbeiten, wie es zur Erleichterung des Transports im Bruche vorgenommen wird, nennt man das Bossiren.

Wird das angegebene Verfahren zur Bearbeitung rechteckiger Steine ausschließlich angewendet, so ist es dagegen nicht geeignet, wenn Steine in ihren Seitenflächen nach anderen Figuren bearbeitet werden sollen. Sind die zu bearbeitenden Flächen gekrümmt, geradlinig gebrochen oder aus geraden und krummen Linien zusammengesetzt, so bedient man sich zur Bestimmung der Form der Seitenflächen der Lehrbretter oder Chablonen und nennt diese Art, nach Chablonen zu arbeiten, das Abbretten.

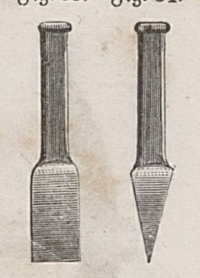
Die Chablonen sind die in natürlicher Größe gezeichneten, auf eine gegebene Ebene bezüglichen Seiten des Steins, welche, aus Blech, Holz oder Pappdeckel geschnitten, zur Bearbeitung so benutzt werden, daß man sie auf die entsprechende Fläche legt und mit Rothstein nach den Konturen auf den Stein nachzeichnet.

Die Bearbeitung der Seitenflächen der Steine ist, je nach der Genauigkeit oder den verschiedenen Anforderungen in Bezug auf das Ansehen sichtbarer Steinflächen, sehr verschieden. Die Benennung dieser verschiedenen Arten der Bearbeitung ist zum Theil französischen Ursprungs und erstreckt sich, wie dies auch bei den ursprünglich deutschen Benennungen der Fall ist, auf die dabei in Anwendung kommenden Werkzeuge, welche der Bearbeitung entsprechende Namen haben. Bei mancher Bearbeitung ist der Name der Arbeit von dem Werkzeuge entlehnt. Wir werden die verschiedenen Arten der Bearbeitung in Kürze beschreiben und dabei der dazu erforderlichen Werkzeuge gedenken.

a. Der Schlag ist, wie bereits erwähnt, ein schmaler, ebener Streifen, nach welchem der Steinhauer sich bei der Bearbeitung ebener Flächen richtet. Zur Herstellung dient das Schlageisen, welches in Fig. 33 von vorne gesehen und in Fig. 34 von der Seite gesehen dargestellt ist. Dieses Eisen ist 7 bis 8 Zoll lang, etwa $^3/_4$ Zoll im Quadrat stark und hat unten eine 1 bis $1^1/_2$ Zoll breite Schlagbahn. Es wird dieses

Eisen von dem Arbeiter mit der linken Hand unter einem stumpfen Winkel auf die zu bearbeitende Fläche aufgesetzt und vermittelst eines hölzernen Schlägels von der rechten zur linken Seite eingetrieben. Der hölzerne Schlägel, welcher Klöpfel oder Klippel genannt wird, hat nach Fig. 35 eine annähernd halbkugelförmige Gestalt und besteht nebst dem Stiele aus einem festen und zähen Holze, am besten aus Weißbuchenholz. Er dient dem Steinhauer zum Treiben aller Meisel bei der Bearbeitung von Sandsteinen und anderen nicht sehr festen Steinarten.

Fig. 33. Fig. 34.



Bei der Bearbeitung des Marmors, Granits und aller sehr festen Steine wird zum Treiben der eiserne Schlägel, welcher in Fig. 36 von der Seite und in Fig. 37 von oben gesehen dargestellt ist, angewendet. Der eiserne Hammer ist 4 bis 5 Zoll lang, 1½ bis 2 Zoll im Quadrat stark, und hat zur Führung einen hölzernen Stiel von etwa 6 Zoll Länge.

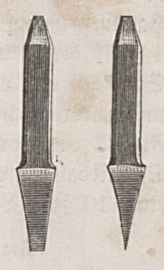
Fig. 35.



Bei sehr festen Steinen werden schmale Schläge gefertigt, und es dient dazu das Beizeisen, welches, in Fig. 38 und 39 in der vorderen und Seitenansicht dargestellt, sich von dem Schlageisen nur dadurch unterscheidet, daß es weniger stark ist, eine schmälere Schneidbahn hat, und nach dem Kopfe verjüngt ist. Es ist etwa 6 Zoll lang und ½ Zoll im Quadrat stark. Die Schneidbahn wird um so schmäler, je fester der zu bearbeitende Stein ist.

Fig. 36.

Fig. 38. Fig. 39.



b. Das Abbossiren oder Bossiren, worunter man die erste Bearbeitung des Steins aus dem Rohen versteht, wird mit zugespitzten Werkzeugen vorgenommen, welche zum Absprengen kleinerer oder größerer Steinstücke geeignet sind. Die Zweispitze, welche wir in Fig. 40 und 41 in der Ansicht und im Grundrisse dargestellt haben, wird mit zwei Händen als Hammer geführt. Der Hammer endigt zu beiden Seiten mit abwärts geneigten, vierkantig bearbeiteten Spitzen, ist im Ganzen 15 bis 17 Zoll lang und hat einen nach oben verstärkten hölzernen Stiel von etwa 12 Zoll Länge. Das Spitzeisen geben wir in Fig. 42 in der auf den vier Seiten gleichen

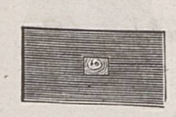


Fig. 37.

Ansicht, und in Fig. 43 im Grundrisse. Dieser Meisel, mit vierkantig bearbeiteter Spitze, ist 6, 8 bis 10 Zoll lang und etwa 1 Zoll im

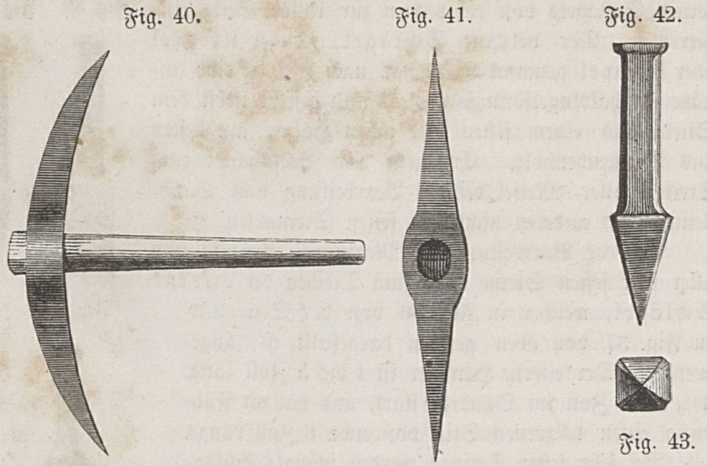
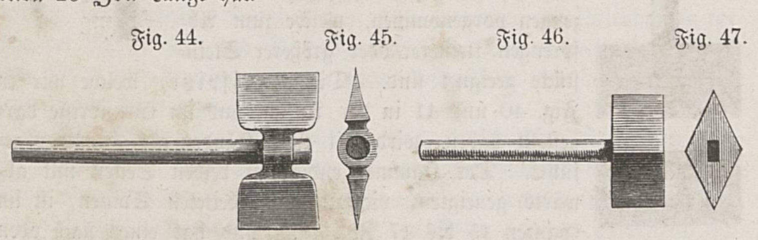


Fig. 40. Fig. 41. Fig. 42. Fig. 43.

Quadrat stark. Der verstärkte Kopf weist darauf hin, daß dieses Eisen mit dem hölzernen Klippel getrieben wird.

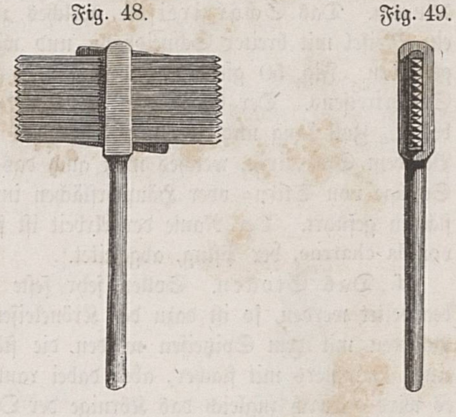
c. Das Flächen. Das Flächen besteht in einem unvollkommenen Ebenen der Steinflächen nach dem Bossiren. Es dient dazu die in Fig. 44 von der Seite und in Fig. 45 von vorne dargestellte Fläche. Die Fläche ist ein eiserner Hammer, welcher an beiden Enden Schneidbahnen hat. Der Hammer ist im Ganzen 8 bis 10 Zoll lang, die Schneiden sind 3 bis 4 Zoll breit, und der nach dem Ohr des Hammers verstärkte hölzerne Stiel hat eine Länge von 12 bis 15 Zollen. Zur Bearbeitung des Granits und anderer sehr festen Steine wird die in Fig. 46 von der Seite und in Fig. 47 von vorn dargestellte kleine Fläche angewendet, welche schmälere Schneidbahnen von $1^1/_2$ bis $2^1/_2$ Zoll Breite und einen hölzernen Stiel von etwa 10 Zoll Länge hat.

Fig. 44. Fig. 45. Fig. 46. Fig. 47.



d. Das Kröneln. Das Kröneln ist eine Bearbeitung, welche, wie das Flächen, unmittelbar nach dem Bossiren vorgenommen wird. Es dient

dazu das Kröneleisen oder kurzweg die Krönel genannt. Die Krönel wird, wie die Fläche, als Hammer geführt und besteht nach Fig. 48 und 49 aus einem eisernen Stiel, woran oben ein Ohr angebracht ist, in welches senkrecht übereinander eine Anzahl schwache Spitzeisen, welche an beiden Enden zugespitzt sind, eingesteckt werden, die vermittelst eines Keils in dem Ohr zusammengetrieben und wieder gelöst werden können. Die Spitzeisen müssen eine gleiche Länge und Stärke haben, wenn die Bearbeitung regelmäßig werden soll.


Fig. 48. Fig. 49.

Der Name dieser Arbeit und des dabei angewendeten Werkzeugs stammt aus dem Französischen von greneler, körnen, körnig machen, und von la grenelle, dem französischen Namen des angeführten Werkzeugs.

Fig. 50. Fig. 51. Fig. 52.

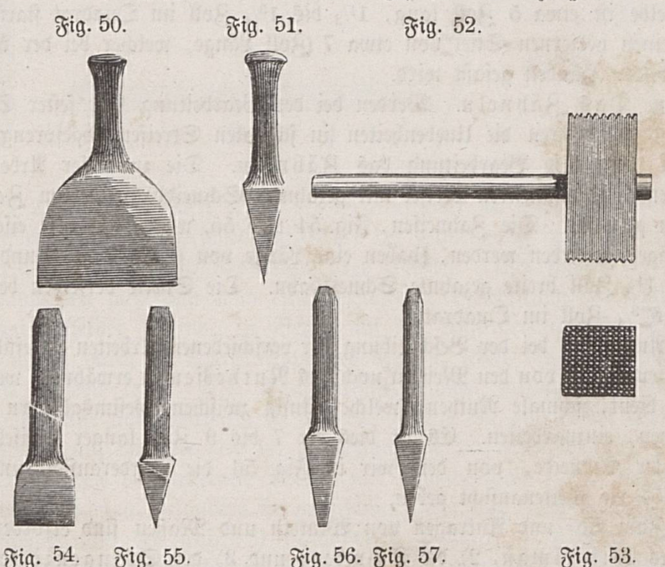


Fig. 54. Fig. 55. Fig. 56. Fig. 57. Fig. 53.

e. Das Scharriren. Unter Scharriren versteht man eine Bearbeitung der bereits gekrönelten oder geflächten Steinflächen, durch welche alle Unebenheiten vermittelst breiter paralleler Schläge, welche auf die ganze

Breite einer Fläche durchgehen, beseitigt werden, so daß nur noch die regelmäßig furchenartigen Streifen als kaum bemerkenswerthe Unebenheiten vorkommen. Das Scharrireisen, welches zu dieser Bearbeitung dient, ist ein Meisel mit breiter Schneidbahn und wird mit dem hölzernen Klippel getrieben. Fig. 50 giebt die vordere und Fig. 51 die Seitenansicht eines Scharrireisens. Der Griff, von der Stärke eines Schlageisens, ist nur 3 bis $3^1/_2$ Zoll lang und die Schneidbahn hat eine Breite von $3^1/_2$ bis 4 Zoll. Bei dem Scharriren, welches man auch das Aufschlagen nennt, werden die Schläge von Stirn- oder Häupterflächen immer senkrecht gegen die Lagerflächen geführt. Der Name der Arbeit ist französischen Ursprungs und ist von la charrue, der Pflug, abgeleitet.

f. Das Stocken. Sollen sehr feste Steine mit gekrönten Flächen bearbeitet werden, so ist dazu das Kröneleisen nicht anwendbar. Nach dem Bossiren mit dem Spitzeisen werden die stärkeren Erhöhungen vermittelst eines Hammers mit flacher, aber dabei rauher Schlagbahn zermalmt, und es wird dadurch zugleich das Körnige der Oberfläche hervorgebracht. Diese Bearbeitung wird das Stocken und der dabei angewendete Hammer der Stock- oder Kraushammer genannt. Fig. 52 stellt die Seitenansicht des Stockhammers und Fig. 53 den Grundriß einer Schlagbahn dar. Derselbe ist etwa 5 Zoll lang, $1^1/_2$ bis $1^3/_4$ Zoll im Quadrat stark und hat einen hölzernen Stiel von etwa 7 Zoll Länge, welcher bei der Arbeit mit beiden Händen gefaßt wird.

g. Das Zähneln. Werden bei der Bearbeitung sehr fester Steine nach dem Bossiren die Unebenheiten in schmalen Streifen abgesprengt, so nennt man diese Bearbeitung das Zähneln. Die zu dieser Arbeit in Anwendung kommenden Meisel mit gezahnter Schneidbahn werden Zahneisen genannt. Die Zahneisen, Fig. 54 und 55, welche mit dem eisernen Schlägel getrieben werden, haben eine Länge von 6 bis 7 Zoll und eine 1 bis $1^1/_2$ Zoll breite gezahnte Schneidbahn. Die Stärke derselben beträgt $^1/_2$ bis $^3/_4$ Zoll im Quadrat.

Außer den bei der Beschreibung der verschiedenen Arbeiten angeführten Werkzeugen, ist von den Meiseln noch das Nutheisen zu erwähnen, welches dazu dient, schmale Nuthen, welche häufig zwischen Gesimsgliedern vorkommen, einzuarbeiten. Es ist dies ein 7 bis 9 Zoll langer Meisel mit schmaler Schneide, von dem wir in Fig. 56 die Vorderansicht und in Fig. 57 die Seitenansicht geben.

Zum Ab- und Antragen von Winkeln und Maßen sind erforderlich: 1) das Winkelmaß, 2) die Schmiege und 3) der Stangenzirkel.

Das Winkelmaß (Fig. 58) ist von gutem Eisen oder Stahl und hat zwei Schenkel von verschiedener Länge, welche normal aufeinander stehen.

Die Schmiege, Fig. 59 in der Vorderansicht und Fig. 60 im Grund-

riß dargestellt, besteht aus zwei Linealen a und b, welche in c durch einen Bolzen verbunden sind, um den beide Lineale beliebig gedreht werden können. Der längere Schenkel b hat einen Schlitz, in welchen der kürzere Schenkel a hineingelegt werden kann. Da die Schmiege zum Ab= und Uebertragen anderer als rechter Winkel dient, so muß an dem Kopfe des Bolzens c eine Schraubenmutter angebracht sein, durch welche die beiden Lineale fest zusammengehalten oder gelöst werden können. Fig. 61 stellt den Stangenzirkel mit getheilter kreisförmiger Zunge dar, welche vermittelst einer Schraube befestigt oder gelöst werden kann.

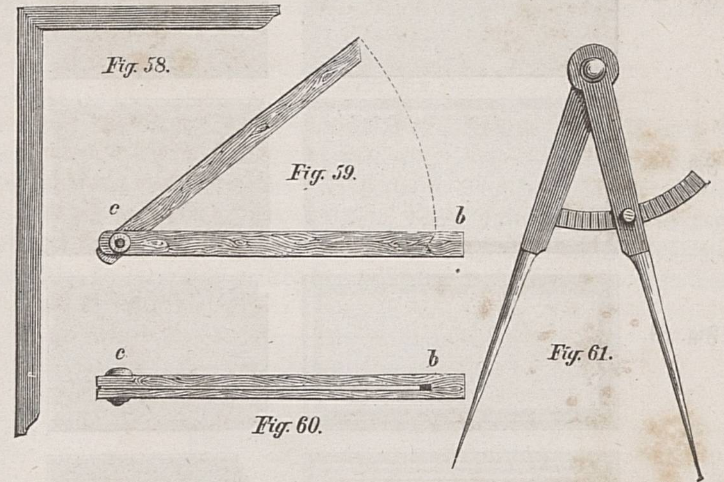
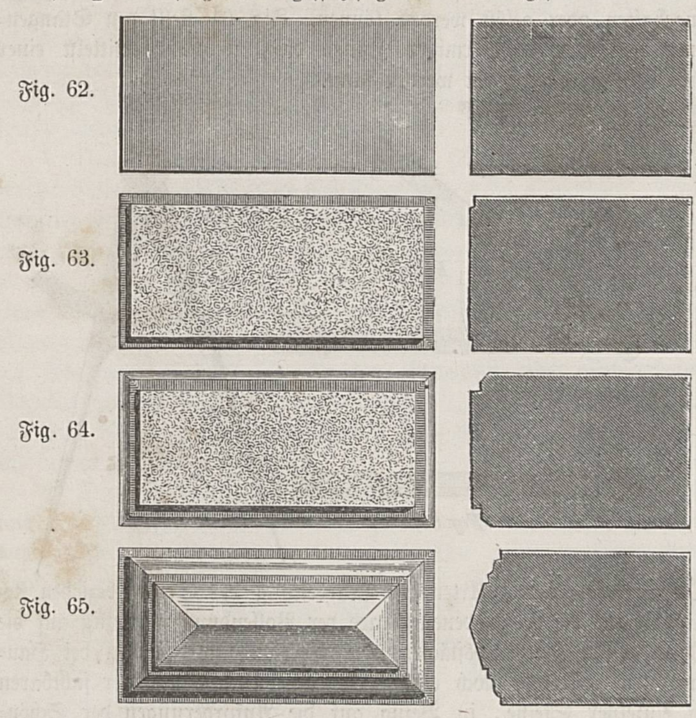


Fig. 58. Fig. 59. Fig. 60. Fig. 61.

Die vorbeschriebenen Arten der Bearbeitung der Steine beziehen sich hauptsächlich auf die verschiedenen Grade der Vollendung in Bezug auf die Herstellung der Begrenzungsflächen oder Ebenen. Wir finden bei Hausteinbauwerken außerdem noch eine verschiedene Bearbeitung der sichtbaren Flächen einzelner Steine, in Bezug auf die Anforderungen der Schönheit, welche durch die Konstruktion gehoben, ja selbst bis zur Pracht gesteigert werden kann. Die Hausteinkonstruktionen werden entweder der Gesammtmasse untergeordnet, so daß das Ganze wie aus einem Gusse zu bestehen scheint, wie wir dies bei den Bauwerken der alten Griechen finden, oder es werden die einzelnen Theile, mit Angabe ihrer Zusammensetzung zu einem Ganzen, besonders hervorgehoben, wie dies nach dem Beispiele der Römer und den wahrhaft prachtvollen Palästen in Florenz bis auf unsere Zeit die ausgedehnteste Anwendung gefunden hat. Als Beispiele der Steigerung vom Einfachen bis zum Prachtvollen in der Bearbeitung der sichtbaren Steinflächen geben wir die Fig. 62 bis 65, welche die Durchschnitte mit den entsprechenden Ansichten darstellen.

Bei der einfachsten Bearbeitung nach Fig. 62 werden die Begrenzungslinien des Steins nicht hervorgehoben, so daß die Zusammensetzung der Art bearbeiteter Steine nur an den Fugen zu erkennen ist. Die Außenfläche wird charrirt oder geschliffen. Fig. 63 werden die Begrenzungslinien des Steins durch einen gleich breiten Schlag hervorgehoben und die Fläche innerhalb der Schläge wird gespitzt, gekrönelt oder gestockt.


Fig. 62.
Fig. 63.
Fig. 64.
Fig. 65.

An sehr vielen Bauwerken der Römer zeigen sich die Steinflächen zwischen den Schlägen gar nicht bearbeitet, während die Steine an den Stoß- und Lagerflächen mit der größten Genauigkeit bearbeitet und mit kaum sichtbaren Fugen versetzt sind. Ohne Zweifel sollten die äußeren Flächen später bearbeitet werden, und daß es nicht geschah, hat seinen Grund darin, daß der Bau nicht zur Vollendung gekommen. Spätere Baumeister haben dies Verfahren für ein absichtlich stylgemäßes gehalten, und in der irrigen Meinung, daß roh und einfach gleichbedeutend sei, bei sonst reichen Bauwerken angewendet, denen sie den Charakter der Einfachheit geben wollten. Sie nannten die oft sehr künstliche, aber dabei rohe Bearbeitung opus rusticum oder bäuerisch Werk.

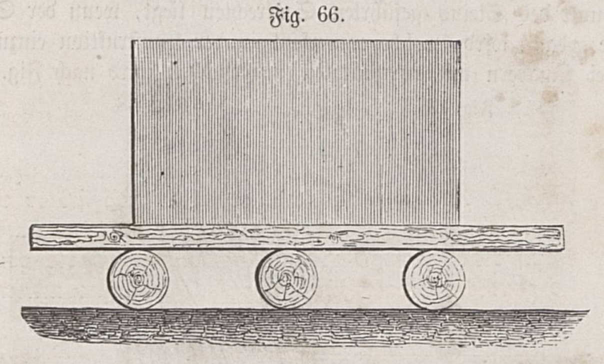
Bei der Bearbeitung nach Fig. 64 sind die Kanten des Steins schräg zurückgezogen, gefas't, und außerdem noch mit einem Schlag versehen. Die von den Schlägen begrenzte Fläche des Steinhauptes ist, wie bei Fig. 63, durch eine körnige Bearbeitung besonders ausgezeichnet.

Die reichste Behandlung in Bezug auf das Hervorheben der einzelnen Steine zeigt Fig. 65. Die Kanten sind außer dem scharfkantigen Schlage, oder auch der Fase mit dem Schlage, noch besonders durch Gesimsglieder hervorgehoben, und die übrige Fläche des Steinhauptes ist mit gebrochenen Flächen bearbeitet und geschliffen. Wegen der Aehnlichkeit mit gefaßten Edelsteinen nennt man diese reiche Bearbeitung der sichtbaren Hausteinflächen das Facettiren.

Das Versetzen.

Der Transport der Hausteine auf die Versetzstelle richtet sich nach der Form und Größe der Steine, sowie danach, ob die Steine auf einem Gerüste in gleicher Höhe mit der Versetzstelle fortbewegt werden können, oder frei in die Höhe gehoben und ohne weitere Unterrüstung auf ihr Lager gebracht werden. Der Transport auf Gerüsten wird am zweckmäßigsten nach Fig. 66 vermittelst untergelegter Walzen vorgenommen. Der Stein

Fig. 66.



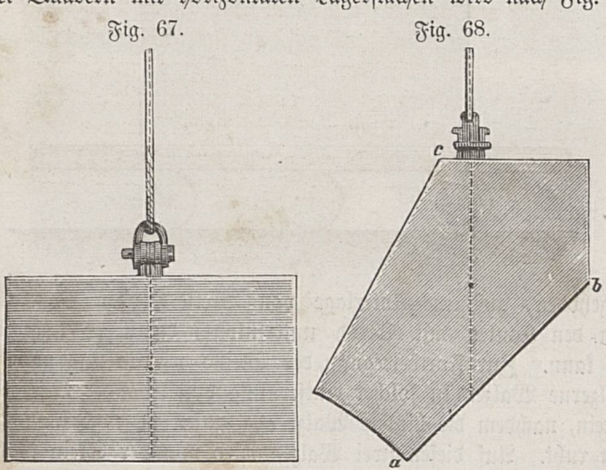
wird gehoben, auf eine Unterlage von Brettern oder Bohlen gebracht und an den Kanten mit Stroh unterfüttert, damit er nicht beschädigt werden kann. Zur Fortbewegung des Steins werden nun nach und nach drei hölzerne Walzen in solcher Entfernung von einander untergelegt, daß der Stein, nachdem die hintere Walze abgelaufen ist, noch immer auf zwei Walzen ruht. Auf diesen zwei Walzen wird nun der Stein so weit fortbewegt, bis die freigewordene Walze wieder an der Vorderseite in der entsprechenden Entfernung untergelegt werden kann. Da die Fortbewegung stets normal auf den untergelegten Walzen erfolgt, so kann die Richtung derselben durch entsprechendes Unterlegen beliebig verändert werden.

Da nun aber der Transport auf Walzen nur langsam vor sich gehen kann, so bedient man sich bei größeren Entfernungen besonderer Transportwagen. Die aus Zimmerholz konstruirte und mit Brettern oder Bohlen bedeckte Pritsche dieser Transportwagen ruht auf vier Walzen oder niedrigen Rädern mit eisernen Achsen. An dem Pritschengestelle befinden sich vorn und an den Seiten starke eiserne Haken, an welchen starke Seile befestigt werden, vermittelst derer die Last durch eine entsprechende Anzahl von Arbeitern fortgezogen wird.

Zum Hochheben der Steine bedient man sich entweder der Flaschenzüge, der Krahnen oder anderer Hebemaschinen mit Getrieben, deren Beschreibung wir füglich übergehen können, weil deren Anfertigung und Gebrauch nicht zu den Arbeiten des Steinmetzen gehört. Die Befestigung der zu hebenden Steine dagegen wird dem Steinmetzen überlassen und gedenken wir deshalb hier der Ausmittelung der zur Befestigung geeigneten Stelle und der zum Hochwinden der Steine dienenden Werkzeuge.

Angenommen, daß ein hochgewundener Stein senkrecht über die Versetzstelle gebracht und ohne Veränderung seiner Lage nur senkrecht auf sein Lager herabgelassen werden soll, so wird die Befestigung des Steins an einer Stelle angebracht werden müssen, welche genau in der durch den Schwerpunkt des Steins geführten Senkrechten liegt, wenn der Stein in der Lage gedacht wird, welche er versetzt in der Konstruktion einzunehmen hat. Bei Quadern mit horizontalen Lagerflächen wird nach Fig. 67 der

Fig. 67. Fig. 68.

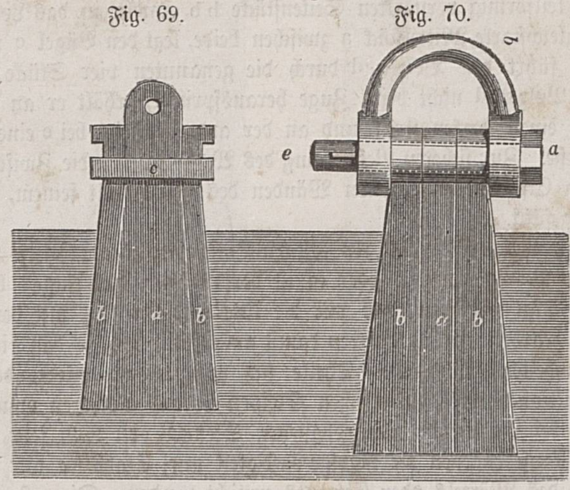


Schwerpunkt der Lagerflächen derjenige Punkt sein, an welchem der Stein hochgehoben in horizontaler Lage bleibt, weil eine durch diesen Punkt geführte Senkrechte den Schwerpunkt des Körpers schneidet und zugleich

senkrecht auf der Lagerfläche steht. Hat der Stein eine unregelmäßige Form und ist die Lagerfläche, auf welche er versetzt werden soll, nicht horizontal, so muß an dessen Hauptfläche der Punkt aufgesucht werden, durch welchen eine Senkrechte geführt, und die nach Fig. 68 den Stein in zwei Hälften so theilt, daß die Begrenzungslinie a b der Lagerfläche den Neigungswinkel gegen die Senkrechte einschließt, welcher für die Lagerfläche des zu versetzenden Steins bestimmt ist. Ist diese Senkrechte auf dem Haupt des Steins vorgerissen, so wird der Aufhängepunkt c von der Oberkante auf die halbe Steinbreite rechtwinkelig auf das obere Lager angetragen. Zur Befestigung der Steine beim Hochwinden wird ein aus mehreren Stücken bestehender Eisendübel in den Stein vertieft eingepaßt, welcher die Schere oder der Wolf genannt wird.

Der in Fig. 69 dargestellte Wolf dient zum Hochwinden kleinerer Steine und wird deshalb auch der kleine Wolf genannt. An diesem ist das Mittel-

Fig. 69. Fig. 70.



stück a nach unten keilförmig verstärkt, während die Seitenstücke b b, welche sich an das Mittelstück anlegen und oben mit einem Umschluß versehen sind, eine gleiche Stärke haben. Das Mittelstück a hat oben ein Oehr, durch welches der Haken des Windetaues gesteckt wird. Der in Fig. 70 dargestellte große Wolf besteht aus dem gleichstarken Mittelstück a, den nach unten keilförmig verstärkten Seitenstücken bb, dem Bügel c und dem die genannten Theile untereinander verbindenden Bolzen d. Wie aus den Fig. 69 und 70 zu ersehen ist, besteht die Befestigung der Schere ganz einfach darin, daß in den Stein ein Loch, welches auch den Namen Scherloch oder Wolfsloch hat, eingearbeitet wird, in welches der eingebrachte Wolf genau paßt. Die Tiefe des Scherlochs richtet sich nach der Festigkeit und dem Gewichte der zu hebenden Steine, und es muß der Wolf um so tiefer eingreifen, je schwerer der Stein

ist und je weniger fest er ist. Damit der Wolf genau anschließt, ist es erforderlich, daß die Maße für das Scherloch von bestimmter Tiefe von dem zusammengesetzten Wolfe entnommen, und insbesondere die Anschlußflächen genau bearbeitet werden. Um den kleinen Wolf Fig. 69 in das Loch einbringen zu können, werden die beiden Seitenstücke in dem Umschluß oder Ringe so weit aufwärts geschoben, daß das Mittelstück a bis auf den Boden des Loches reichend eingesetzt werden kann, und erst nachdem das Mittelstück eingebracht ist, werden die beiden Seitenstücke b b gleichfalls bis auf den Boden des Scherloches herabgebracht. Durch das Nachtreiben des Umschlußrings c werden die gleichstarken Seitenstücke b b mit dem nach unten keilförmig verstärkten Mittelstücke a in Verbindung gebracht.

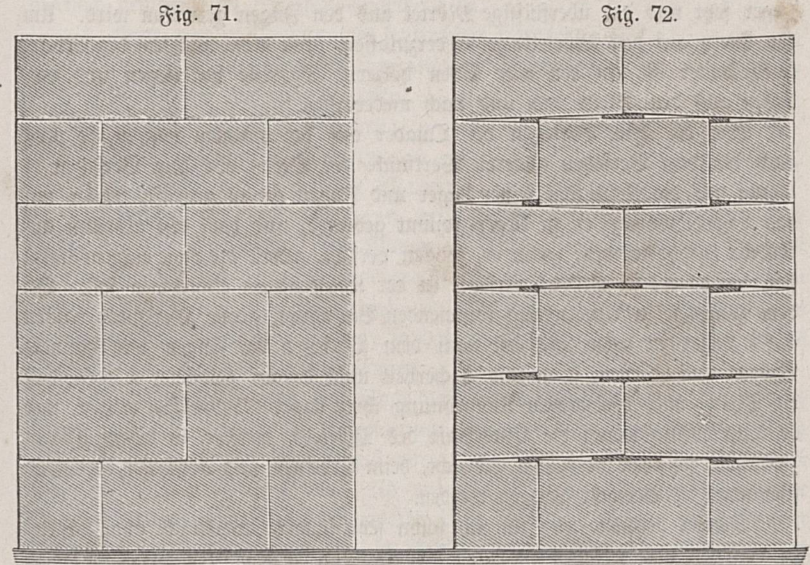
Der große Wolf Fig. 70 muß vor dem Einsetzen auseinander genommen werden. Ist der Bolzen d herausgezogen, so bringt man die beiden, nach unten keilförmig verstärkten Seitenstücke b b einzeln in das Loch, schiebt dann das gleichstarke Mittelstück a zwischen beide, legt den Bügel c über diese Theile und führt den Bolzen d durch die genannten vier Stücke hindurch. Damit der Bolzen d nicht beim Zuge herausspringt, erhält er an der einen Seite bei d einen starken Kopf und an der andern Seite bei e eine durchgesteckte Schließe. Zur sicheren Befestigung des Wolfs werden die Zwischenräume zwischen den Eisentheilen und den Wänden des Loches mit feinem, trockenem Sande ausgefüllt.

Versetzen der Steine. An antiken Bauwerken finden sich die Hausteine häufig ohne Mörtel versetzt, oder es ist der zwischen den Fugen befindliche Mörtel so dünn und fein, daß nur die Ungleichheiten der mit der größten Genauigkeit bearbeiteten Lagerflächen damit ausgefüllt sind, so daß die zwischen den Ungleichheiten befindlichen Theile sich unmittelbar aufeinander setzen. Bei Konstruktionen aus sehr großen Steinen ist das Versetzen ohne Mörtel anwendbar, bei Bauwerken aus gehauenen Steinen von nicht sehr bedeutenden Größen kann dagegen die nöthige Festigkeit und Stabilität nur durch die Anwendung des Mörtels oder Cements erreicht werden. Die erste Anforderung an Hausteinkonstruktionen ist die, daß die Lager und Fugen der Steine so bearbeitet sind, daß sie in allen Punkten genau aneinander schließen und dadurch eine feste und stabile Masse bilden, welche weder dem Setzen noch einem unregelmäßigen Drucke unterworfen ist. Nehmen wir die einfachste Hausteinkonstruktion, die gerade Quadermauer an, so müssen, der obigen Anforderung entsprechend, die Lager genau rechtwinkelig und eben bearbeitet sein, wenn die Steine gleichmäßig tragen sollen. Diese Sorgfalt der Bearbeitung der Lager wird leider bei vielen neuen Konstruktionen nicht als Hauptsache angesehen, vielmehr wird häufig die größte Sorgfalt auf die Bearbeitung der im Aeußeren sichtbaren Formen verwendet, während die Lager und Fugen nachlässig und uneben bearbeitet und gegen das Haupt unter einem spitzen

Winkel unterhauen werden. Um die Steine, deren Lagerflächen nicht parallel sind, zu versetzen, bringt man nun hölzerne Keile oder Zwicksteine unter die nach innen sich erweiternden Lager und füllt alsdann erst die Zwischenräume mit Mörtel aus. Die unausbleibliche Folge dieses schlechten Verfahrens, durch welches die ganze Last, welche gleichmäßig über die ganze Lagerfläche vertheilt sein sollte, nur auf die Kanten, sowie auf die einzelnen durch Keile oder Zwicksteine unterstützten Punkte wirkt, ist das Absprengen der Steine an den Fugen und das Entstehen von Rissen und Spalten bis in das Innere der Konstruktion.

Vergleichen wir den Durchschnitt einer Quadermauer Fig. 71, bei welcher die Steine mit horizontal und eben bearbeiteten Lagern bearbeitet sind, mit Fig. 72, welche den Durchschnitt einer Quadermauer darstellt, bei welcher

Fig. 71. Fig. 72.



die Steine unterarbeitet sind und nur auf den Kanten, sowie auf den unter die Lager gebrachten Zwicksteinen ruhen, so werden wir auf den ersten Blick die Fehlerhaftigkeit der in Fig. 72 angenommenen Bearbeitung und Versetzung der Steine erkennen.

Nehmen wir nun an, daß Mauern oder Pfeiler aus Quadern nicht anders als in horizontalen Schichten, ohne Unterfütterung der Lager, aufgeführt werden dürfen, so muß vorher, ehe man zum Versetzen der Steine schreitet, untersucht werden, ob die Lager und Fugen richtig bearbeitet sind. Sind die Lager gerade und eben und mit dem Haupte im rechten Winkel bearbeitet, so verfährt man beim Versetzen auf die nachbeschriebene Weise.

Man untersucht zuerst das Lager, worauf der Stein gesetzt werden soll, und macht es genau horizontal, dann bringt man den Stein vorläufig auf sein Lager, um mit dem Senkel, dem Winkel und der Setzwage zu untersuchen, ob, in dieser Stellung des Steins, das Haupt, das Lager und die Fugen so zu liegen kommen, wie sie liegen sollen, oder ob ein Nacharbeiten erforderlich ist. Ist der Stein richtig befunden oder nach Erfordern zur Nacharbeitung das Nöthige vorgezeichnet, so wird er wieder von seinem Lager gehoben. Nachdem man das Lager, worauf der Stein zu liegen kommt, sowie das untere Lager des Steins selbst, gereinigt und genetzt hat, breitet man eine Lage von dünnem Mörtel aus sehr feinem Sand darüber aus, setzt den Stein in derselben Stellung, in welcher er vorher untersucht worden war, darauf und stößt ihn mit einer Handramme, damit er sich gehörig auf's Lager setzt und der überflüssige Mörtel aus den Fugen getrieben wird. Um den Stein auf das Mörtellager niederzulassen, kann man, nachdem der Mörtel ausgebreitet ist, an den vier Ecken hölzerne Setzkeile unterlegen und von diesen aus den Stein nach und nach niederlassen.

Wie bei dem Versetzen der Quader auf horizontalen Lagern, so muß auch bei dem Versetzen anderer Werkstücke der Stein vor dem Versetzen in Bezug auf die Richtigkeit seiner Lager und Fugen genau geprüft, trocken auf das Lager, worauf er zu liegen kommt gebracht, und darf erst alsdann auf Mörtel gesetzt werden, wenn er, trocken versetzt, genau die Lage eingenommen hat, welche er, in Mörtel versetzt, in der Konstruktion einnehmen soll. Bei dem zuweilen in Anwendung kommenden Verfahren, große Werkstücke trocken auf's Lager zu legen und erst nach dem Versetzen die Fugen mit dünnem Mörtel auszugießen, kann mit Sicherheit nicht darauf gerechnet werden, daß die Steine nach der ganzen Ausdehnung ihrer Lager gleichmäßig tragen, und es kann ebenso wenig die Bindekraft des Mörtels, welcher, in dünnflüssigem Zustande zwischen die Fugen gebracht, beim Trocknen und Erhärten bedeutend schwindet, in Betracht gezogen werden.

Schwer belastete oder an sich schon sehr schwere Werkstücke ohne Mörtel zu versetzen und zwischen die Lager schwache Platten gewalzten Bleies zu legen, verdient dem Ausgießen der Fugen vorgezogen zu werden. Die Unebenheiten der Steinlager pressen sich in die Bleiplatten, und es wird durch diese Zwischenlager das Absprengen der Steine an den Kanten verhindert.

Vierter Abschnitt.

Von den Mauern.

Die äußere Form der Mauern, welche entweder nur zum Zwecke haben, Räume zu begrenzen oder Lasten zu stützen, ist verschieden, und es werden hiernach gemeinüblich dieselben eingetheilt in:

A. ebene gerade Mauern mit senkrechten Häuptern;
B. ebene Böschungsmauern mit geneigten Häuptern;
C. windschiefe Böschungsmauern;
D. gerade cylindrische Mauern;
E. schiefe cylindrische Mauern;
F. kegelförmige oder konische Mauern.

A. Ebene gerade Mauern mit senkrechten Häuptern. Die Größe der zur Aufführung einer Mauer in Anwendung kommenden Quader ist einestheils durch die vorgeschriebene Form und Konstruktion eines Bauwerkes, anderntheils aber auch durch die Mächtigkeit der in dem Steinbruche vorkommenden Steinbänke bedingt, so daß in Bezug darauf allgemein giltige Regeln nicht aufgestellt werden können.

Ueber das Verhältniß der Länge und Breite der Steine zu ihrer Höhe haben wir uns bereits im Allgemeinen ausgesprochen, doch kommen auch darin Abweichungen in der Praxis vor, welche weniger durch die zu berücksichtigende Festigkeit der Steine, als vielmehr dadurch bedingt sind, daß die Hausteinkonstruktionen eines Bauwerks dazu beitragen sollen, dem Ganzen durch übereinstimmende oder sehr wechselnde Gestaltung der Einzelheiten einen gewissen Ausdruck zu verleihen.

In Bezug auf die bereits beschriebene Bearbeitung und das Versetzen der Quader für gerade Mauern erwähnen wir noch, daß es nicht gleichgiltig ist, welche der beiden Lagerflächen nach unten zu liegen kommt. Bei lagerhaft brechenden Steinen, insbesondere bei den hauptsächlich zu Quadern verarbeitet werdenden Sandsteinen, ist das natürliche Lager, worauf die Steinbank im Bruche lagerte, am härtesten, und der Stein besitzt, auf dieses gelegt, die größte Festigkeit, die er vermöge seiner Beschaffenheit haben kann. Hierauf muß bei der Bearbeitung und dem Versetzen Rücksicht genommen und das natürliche Lager zu der unteren Lagerfläche angewendet werden. Die untere Lagerfläche einer Steinbank, welche sich bei der Bearbeitung als

merklich fester zu erkennen giebt, wird das harte Lager, die obere Lagerfläche zur Unterscheidung das weiche Lager genannt.

Als Grundsätze des Verbandes für gerade Mauern fügen wir dem bereits im Allgemeinen für den Hausteinverband Angeführten noch hinzu:

1) Die Steinschichten einer geraden Mauer müssen horizontal sein, weil der Druck, welchem sie zu widerstehen haben, senkrecht wirkt.
2) Die Lager der Steine müssen Ebenen sein, damit sie gleichmäßig tragen.
3) Die Steine müssen unter sich rechte Winkel bilden, so daß die Stoßfugen senkrecht auf dem Lager stehen.
4) Alle Steine von derselben Schichte müssen zwischen zwei horizontalen Lagern die nämliche Höhe haben.

Die Steine, welche nach dem Vorerwähnten rechtwinkelige Parallelepipede sein müssen, nehmen in der Richtung ihrer Länge bei dem Verbande eine verschiedene Lage ein und werden darnach auch verschieden benannt. Hat der Stein seiner Länge nach zwei parallele Außenseiten, so daß seine Breite die Stärke der Mauer ausmacht, so wird er Läufer oder Strecker benannt; Halbstrecker, wenn er seiner Länge nach nur eine Außenseite hat und seiner Breite nach nicht die ganze Stärke der Mauer ausmacht. Macht der Stein seiner Länge nach die ganze Mauerstärke aus und hat seiner Breite nach zwei parallele Häupter, so heißt er Durchbinder; Halbbinder dagegen, wenn er nur mit einem Haupte die Außenseite bildet und seiner Länge nach für sich allein die Dicke der Mauer nicht ausmacht. Füllsteine werden die im Inneren der Mauer befindlichen Steine genannt, welche von keiner Seite sichtbar sind. Dem gewöhnlichen Sprachgebrauche nach fällt die Benennung Halbstrecker und Halbbinder weg, und es werden die Steine, welche ihrer Länge nach eine sichtbare Außenseite haben, kurzweg Läufer oder Strecker, und die Steine, welche ihrer Länge nach in das Innere der Mauer eingreifen und nur nach ihrer Breite eine sichtbare Außenseite haben, kurzweg Binder genannt. Wir werden in unserer Betrachtung über den Verband der Mauern diese auf den Werkplätzen übliche Bezeichnung der Steine nach ihrer abwechselnden Richtung beibehalten.

Als Beispiele von Quaderverbänden führen wir an:

1) Den Quaderverband von Mauern, welche ganz aus Quadern bestehen.
2) Die zweihäuptige Quaderverkleidung von Mauern, deren Kern aus Füllmauerwerk besteht.
3) Die einhäuptige Quaderverkleidung.

1) Quaderverbände von Mauern, welche ganz aus regelmäßig bearbeiteten Quadern bestehen, sind in Fig. 73 bis 78 dargestellt. Bei dem Verbande Fig. 73 besteht die Mauer aus gleichgroßen Steinen, deren Breite die Dicke der Mauer ausmacht. Bei diesem einfachen Verbande werden die Stoßfugen von Schichte zu Schichte so verwechselt, daß

sie auf die Steinmitte der vorhergelegten unteren und der darauf folgenden oberen Schichte treffen. Derselbe Verband wird beibehalten, wenn die Mauer aus gleichgroßen Steinen besteht, deren Länge die Dicke der Mauer ausmacht. Haben die Steine einer Mauer, welche nur aus Binderschichten besteht, eine ungleiche Breite, oder im anderen Falle, wenn sie nur aus Läuferschichten besteht, eine ungleiche Länge, so muß bei der Verwechselung der Stoßfugen darauf gesehen werden, daß bei den Binderschichten die Decksteine mindestens auf eine Länge über die Stoßfugen greifen, welche der Hälfte der Steinhöhe gleich ist, und daß bei Läuferschichten das Uebergreifen der Decksteine nicht weniger beträgt als die Höhe derselben. Reicht die Breite eines Steines nicht aus zur Bildung der Mauerdicke, sondern sind dazu zwei oder mehr Steine erforderlich, so muß bei dem Verbande auf ein Verwechseln der Stoßfugen, sowol der Länge als der Breite nach, Rücksicht genommen und eine möglichst vollkommene Verbindung der beiden Mauerhäupter unter sich zu erreichen gesucht werden. Durch abwechselnde Binder- und Läuferschichten wird zwar eine gute Verbindung der Mauerhäupter unter sich erreicht, die Längenverbindung aber ist wegen des geringen Uebergreifens der Läufer, welche nur die Hälfte der Binderbreite betragen kann, eine sehr geringe. Die Anwendung der Verbände mit Bindern und Läufern in jeder Schichte läßt ein größeres Uebergreifen der Läufer zu und verdient in Bezug auf den Längenverband den Vorzug vor den Verbänden mit abwechselnden Läufer- und Binderschichten.

Fig. 73.

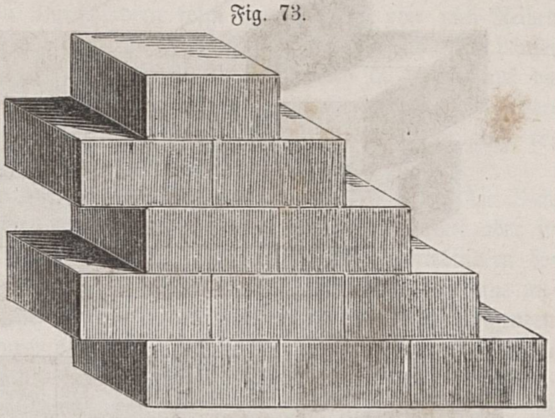
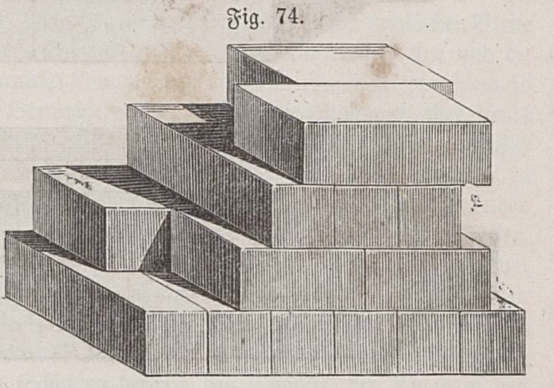


Fig. 74.



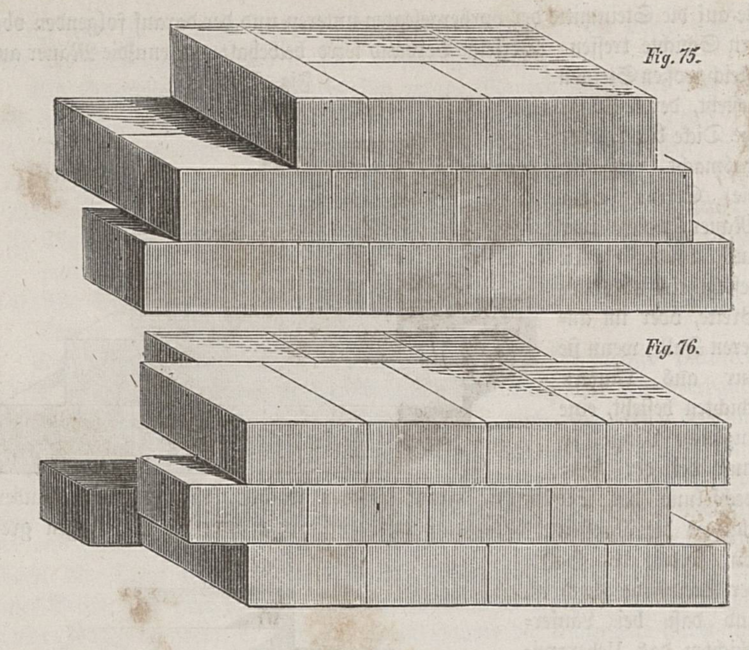
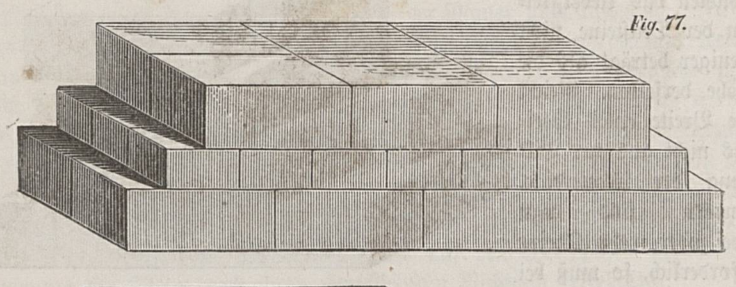
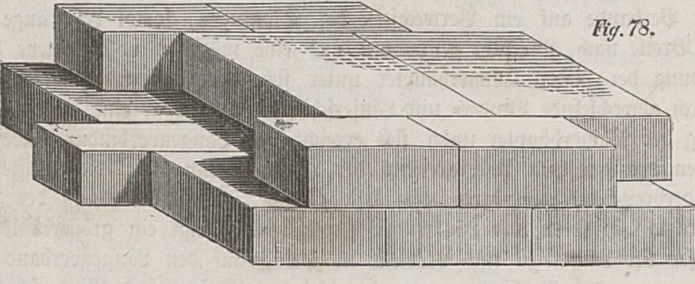

Fig. 75.

Fig. 76.


Fig. 77.


Fig. 78.

Einen Verband mit abwechselnden Läufer- und Binderschichten, von einer Mauer, deren Dicke zwei Steinbreiten beträgt, geben wir in Fig. 74. Auf eine Schichte von Durchbindern folgt eine Schichte von zwei Reihen Läufern, welche zusammen die Dicke der Mauer ausmachen; diese Läufer werden in den Stoßfugen sowol unter sich, als auch in Bezug auf die Durchbinder der unteren Schichte verwechselt, und ebenso findet eine Verwechselung der Stoßfugen der darauf folgenden Durchbinder bezüglich der Läuferschichte, welche aus ungleich großen Steinen besteht, Statt.

In Fig. 75 geben wir den Verband einer Mauer, bei welcher die Dicke ebenfalls durch die Breite zweier Läufer gebildet wird, es kommen aber in jeder Schichte Läufer und Binder vor. Zwischen je zwei Durchbindern befinden sich zwei Reihen Läufer. Die Stoßfugen der Läufer, welche eine ungleiche Länge haben, sind verwechselt und werden in der darauf folgenden Schichte abwechselnd durch Läufer und Durchbinder überdeckt. Vollkommener ist dieser Verband, wenn zwischen je zwei Durchbindern nur zwei Läufer gelegt werden, so daß die Durchbinder auf die Mitte derselben treffen und bei den Läufern keine Stoßfugen unterhalb der Binder vorkommen.

Verbände ohne Durchbinder geben wir in den Fig. 76, 77 u. 78. Bei Fig. 76 wird die Dicke der Mauer durch zwei Steinreihen von ungleicher Breite der Art gebildet, daß in jeder Schichte die schmalen Steine an das eine und die breiten Steine auf das gegenüber befindliche andere Mauerhaupt gelegt werden, so daß die Längefugen ohne Verwechselung durchgehen, die Stoßfugen aber, sowol unter sich als auch in Bezug auf die obere und untere Schichte, verwechselt werden. Der Querverband wird dadurch hergestellt, daß, von Schichte zu Schichte regelmäßig abwechselnd, auf die schmalen Steinreihen breite Steinreihen folgen, welche die Längefugen der ersteren von Schichte zu Schichte überbinden.

In Fig. 77 geben wir ein Beispiel von dem Verband einer Mauer mit abwechselnden Schichten von verschiedener Höhe und Breite. Bei den hohen Schichten macht die Breite von zwei Steinen, und bei den niederen Schichten die Breite von drei Steinen die Dicke der Mauer aus. Die Länge der Steine in den hohen Schichten beträgt das Doppelte der Länge in den niederen Schichten. Die Stoßfugen der Schichten von gleicher Höhe gehen, sowol der Länge als auch der Breite der Mauer nach, ohne Verwechselung durch, sind aber in den Schichten von ungleicher Höhe so verwechselt, daß alle Stoßfugen auf die Mitte der Steine in der darüber und darunter befindlichen Schichte treffen. Die Steine der hohen Schichten greifen als Binder über zwei Steine der niederen Schichten hinweg, so daß dadurch die für sich als Läuferschichten angelegten hohen Schichten in ihrem Verbande bezüglich der niederen Schichten zu Binderschichten werden. Nehmen wir an, daß die Steine der niederen Schichten aus Durchbindern bestünden, so würden dadurch die Steine der hohen Schichten zu Läufern.

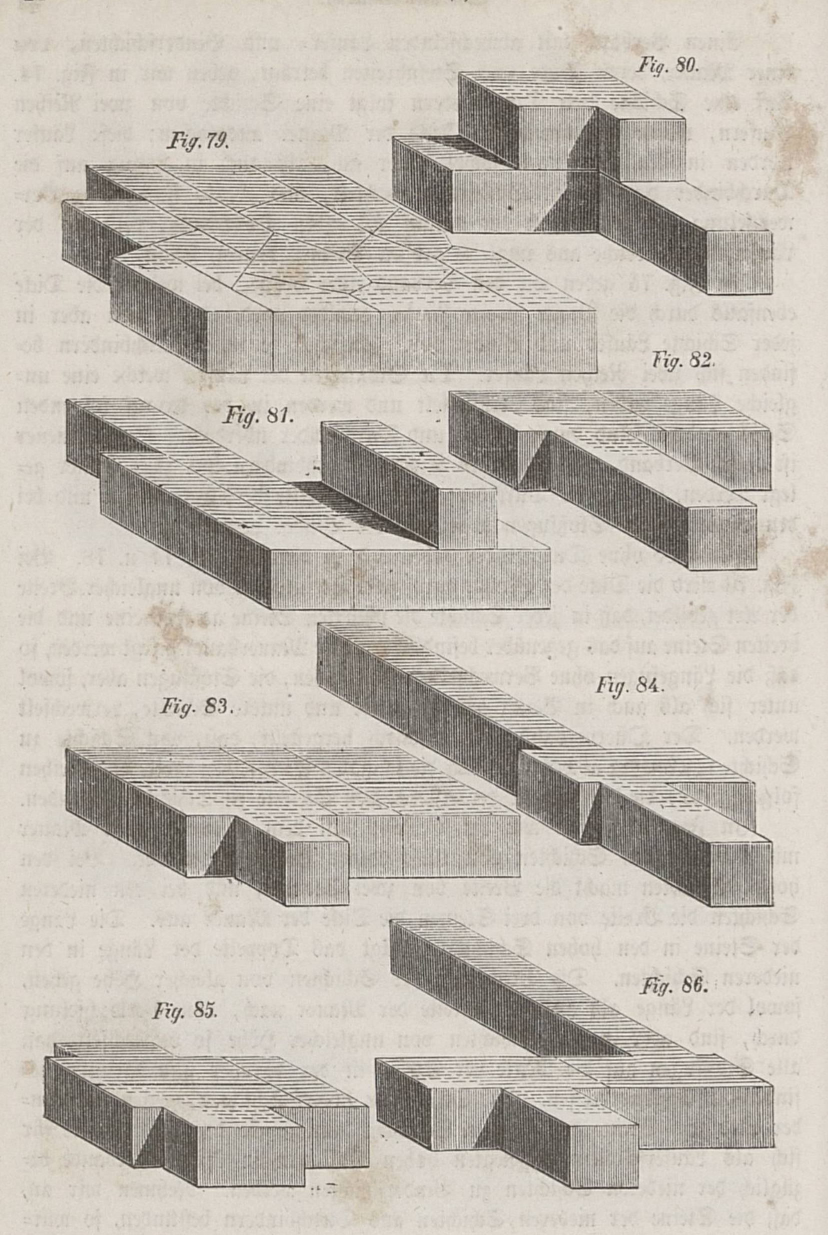

Fig. 79.
Fig. 80.
Fig. 81.
Fig. 82.
Fig. 83.
Fig. 84.
Fig. 85.
Fig. 86.

Fig. 78 giebt den Verband einer Mauer, deren Dicke durch drei Steinreihen in jeder Schichte gebildet wird. Die untere Schichte besteht aus zwei Reihen Läufern in den Mauerhäuptern, deren Breite gleich ist ihrer Höhe, und zwischen diesen Läufern befinden sich Füllsteine, deren Breite oder Länge das Dreifache ihrer Höhe beträgt, und deren Stoßfugen mit den Stoßfugen der Läufer verwechselt sind. Die obere Schichte hat ebenfalls Läufer in den Mauerhäuptern, doch haben diese die doppelte Höhe zur Breite, so daß sie die unteren Läufer um ihre ganze Breite überdecken und für die Füllsteine nur einen Zwischenraum lassen, dessen Breite nicht mehr beträgt als die Höhe derselben. Durch regelmäßig von Schichte zu Schichte abwechselnde breite und schmale Läufer wird der Querverband, und durch eine Verwechselung der Stoßfugen der zu jeder Schichte gehörigen Steine unter sich und gegen die Schichten ober- und unterhalb wird der Längenverband der Mauer auf eine sehr befriedigende Weise hergestellt.

Wir haben bei den angeführten Verbänden von Quadermauern angenommen, daß die Steine auch im Inneren der Mauer regelmäßig bearbeitet werden. Dies ist jedoch nicht immer der Fall und auch nicht geradezu erforderlich. Nach Fig. 79 kann der Verband von Mauern, deren Dicke mehr beträgt als das Doppelte der Steinbreite, aus Läufern und Bindern in jeder Schichte, ohne Durchbinder, und im Inneren aus Füllsteinen von mehr oder weniger unregelmäßiger Gestalt bestehen, wenn nur die Stoßfugen verwechselt werden. Die rechtwinkelige Bearbeitung der Stoßfugen vom Mauerhaupte aus darf nicht weniger breit sein, als die Steine hoch sind.

Wir haben bis jetzt nur bei den Quaderverbänden die einfache Mauer in Betracht gezogen. Treffen nun aber zwei Mauern so zusammen, daß sie die Mauerecke eines Bauwerkes bilden, so ist noch mit besonderer Sorgfalt auf die Eckverbindung Rücksicht zu nehmen, damit die Ecke mit den beiden Mauern auf das Innigste zusammenhängt. Man wählt deshalb zu Ecksteinen nur solche, welche eine größtmögliche Grundfläche haben, und giebt nach Fig. 80, welche den Eckverband einer Mauer darstellt, die nach beiden Seiten nur aus einfachen Läuferschichten besteht, den Ecksteinen Flügel, mit denen sie in die beiden Mauern eingreifen. Die von einer Mauer in die andere überbindenden Flügel dürfen nicht nach beiden Richtungen gleich groß sein, damit eine genügende Verwechselung in den Stoßfugen der übereinanderliegenden Ecksteine stattfindet.

Den Eckverband einer Mauer, deren Dicke durch zwei Steinreihen gebildet wird, geben wir in Fig. 81, aus welcher die Anordnung des Flügels des äußeren und inneren Ecksteins ersehen werden kann. Die Anordnung der Flügel bei dem Zusammentreffen zweier Mauern ist in den Fig. 82 u. 83 dargestellt und geben wir in Fig. 84 u. 85 den Flügelverband, wenn drei Mauern sich an einer Stelle schneiden, sowie in Fig. 86 die Anordnung der

Flügel, wenn zwei Mauern mit einer dritten an zwei verschiedenen Stellen zusammentreffen. Diese Figuren weiter erklären zu wollen, erscheint überflüssig, doch glauben wir die Bemerkung hinzufügen zu müssen, daß, wenn mehrere Mauern zusammentreffen, es unbedingt nothwendig ist, den Schichten aller dieser Mauern eine gleiche Höhe zu geben, damit eine gleiche Anzahl von Lagerfugen entsteht und der Druck, welchem die Mauern zu widerstehen haben, sich auf alle Mauern gleichmäßig vertheilt.

2) Zweihäuptige Quaderverkleidung von Mauern, deren Kern aus Füllmauerwerk besteht. Bilden die Quader nur als Verkleidung die Mauerhäupter seiner Mauer, deren Kern aus Gußmörtel oder einem Mauerwerk aus Bruch- oder Backsteinen besteht, so hat man darauf zu sehen, daß die beiderseitigen Quaderverkleidungen unter sich verbunden werden, was am vollkommensten nach Fig. 87 erreicht wird, wenn man in jeder Schichte abwechselnd Läufer und Durchbinder anbringt. Hat die Mauer eine so bedeutende Dicke, daß Durchbinder nicht angewendet werden können, so können Halbbinder genommen und dieselben von Schichte zu Schichte verwechselt werden, so daß die Binder des einen Mauerhauptes auf die Mitte der Läufer des gegenüberliegenden Mauerhauptes treffen und sich auf diese Weise von Schichte zu Schichte im Inneren der Mauer überbinden. Da das Füllmauerwerk sich mehr setzt, als dies bei der Quaderverkleidung der Fall ist, so muß das Füllmauerwerk gleichzeitig mit dem Versetzen der Quader hergestellt und auf die Höhe der Quader sorgfältig ausgeglichen werden.

Wir haben in Fig. 87 angenommen, daß an beiden Mauerhäuptern zwischen je zwei Bindern nur ein Läufer zu liegen komme; um aber an Durchbindern oder Bindern zu sparen, kann man zwischen je zwei Bindern zwei bis drei Läufer legen, wobei zwar die Läufer verschiedene Längen haben können, aber so geordnet werden müssen, daß die Stoßfugen von Schichte zu Schichte gedeckt sind, und daß die Steine ihrer Länge nach mindestens auf die halbe Höhe derselben über die Steine der darüber und darunter liegenden Schichte hinweggehen.

3) Einhäuptige Quaderverkleidung. Wie bei der zweihäuptigen Quaderverkleidung, so werden auch bei der einhäuptigen Quaderverkleidung am zweckmäßigsten solche Verbände angewendet, bei welchen in jeder Schichte Binder und Läufer vorkommen. In den Fig. 88 und 89 sind zwei Verbände dieser Art dargestellt, bei welchen in jeder Schichte Läufer von gleicher Länge mit Bindern von gleicher Breite in den entsprechenden Schichten regelmäßig abwechseln, und welche beide dadurch verändert werden können, daß man zwischen je zwei Bindern zwei bis drei Läufer anbringt, deren Stoßfugen entweder auf die Mitte der Binder treffen, oder, wie bei den einfachen Läufern nach Fig. 88, auf beiden Seiten der Binder vorkommen.

Bei dem Verbande nach Fig. 88 wechseln hohe Schichten mit niederen,

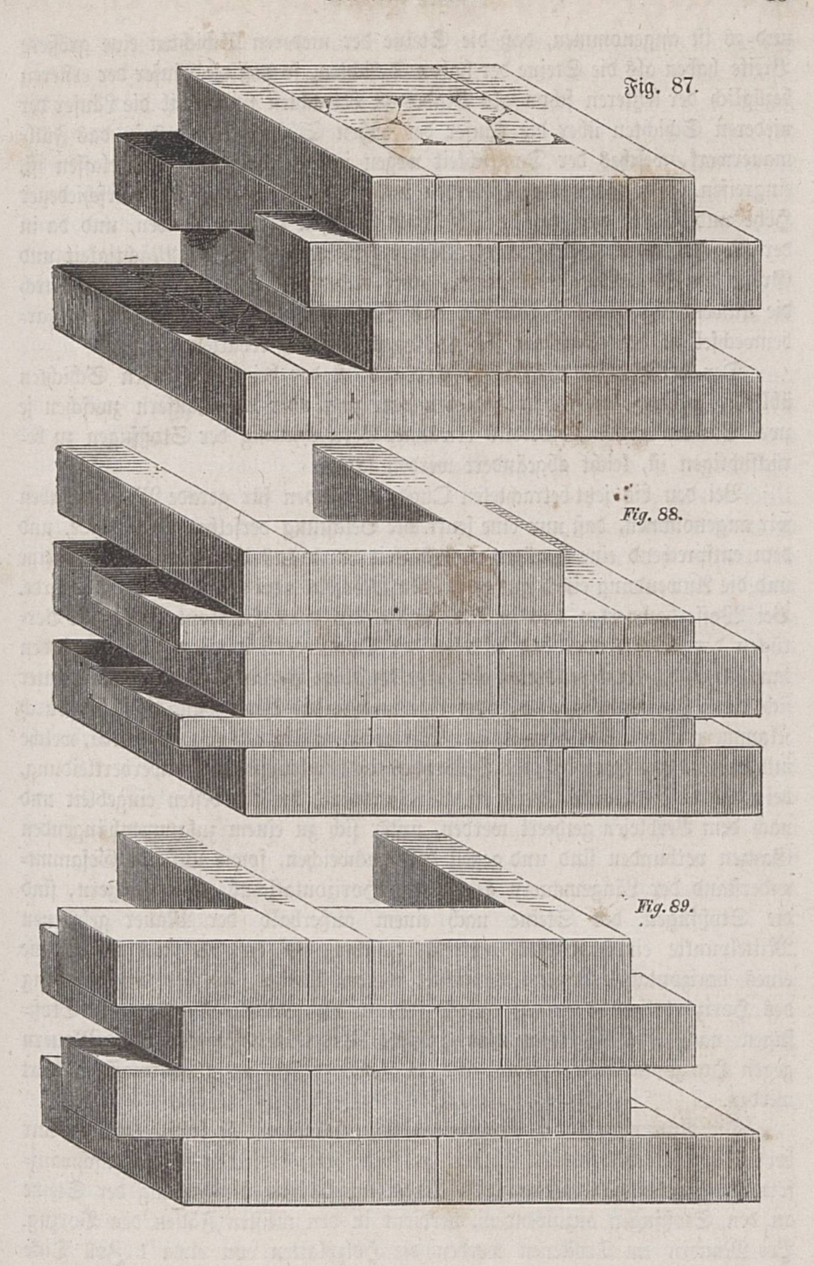

Fig. 87.

Fig. 88.

Fig. 89.

und es ist angenommen, daß die Steine der niederen Schichten eine größere Breite haben als die Steine der hohen Schichten, so daß die Läufer der ersteren bezüglich der letzteren schon als Binder zu betrachten sind, weil die Läufer der niederen Schichten über die Läufer der hohen Schichten hinaus in das Füllmauerwerk, welches der Deutlichkeit wegen in der Zeichnung weggelassen ist, eingreifen. Da angenommen werden kann, daß Steine von sehr verschiedener Höhe und Breite auch aus verschiedenen Brüchen bezogen werden, und da in der Regel Steine, welche in der Natur sehr verschieden an Mächtigkeit und Größe der Lagerfläche vorkommen, auch anders gefärbt sind, so kann durch die Anwendung dieses Verbandes das Mauerwerk bei dem regelmäßigen Farbenwechsel in den Schichten ein gefälliges Ansehen erhalten.

Der in Fig. 89 dargestellte Verband ist der bei gleich hohen Schichten übliche, welcher durch das Einlegen von zwei oder drei Läufern zwischen je zwei Binder, wobei die bereits erwähnte Verwechselung der Stoßfugen zu berücksichtigen ist, leicht abgeändert werden kann.

Bei den bis jetzt betrachteten Quaderverbänden für gerade Mauern haben wir angenommen, daß nur eine senkrechte Belastung derselben Statt finde, und dem entsprechend eine genügende Festigkeit durch das Ueberbinden der Steine und die Anwendung eines gut bindenden Mörtels oder Cements erreicht werde. Bei Wasserbauwerken und in den Fällen, wo durch Horizontalschub ein Verrücken der Steine oder das Ablösen der Quaderverkleidungen bewirkt werden kann, tritt die Nothwendigkeit ein, eine künstliche Verbindung der Steine unter sich durch Ineinandergreifen, oder eine mechanische Verbindung derselben durch Klammern oder Dübel herzustellen. Wir geben in Fig. 90 zwei Schichten, welche mit 1 und 2 bezeichnet sind, des Verbandes einer einhäuptigen Quaderverkleidung, bei welchem die Quader durch eiserne Klammern, die am besten eingebleit und nach dem Verbleien getheert werden, unter sich zu einem zusammenhängenden Ganzen verbunden sind und gegen das Ausweichen, sowie um den Gesammtwiderstand der Längemauern gegen den Horizontalschub zu vergrößern, sind die Stoßfugen der Steine nach einem außerhalb der Mauer gelegenen Mittelpunkte eines Kreises centrisch geführt, so daß sie als Wölbsteine eines horizontalen Bogens betrachtet werden können, welcher der Richtung des Horizontalschubs entgegenwirkt. Durch die centrale Richtung der Stoßfugen nach Fig. 90 kann eine größere Widerstandsfähigkeit der Mauern gegen Horizontalschub erreicht und in Folge dessen an Mauermasse erspart werden.

Die Anwendung der eingebleiten Eisenklammern ist kostspielig und nur bei Mauern, welche trocken bleiben, zulässig; statt derselben schwalbenschwanzförmige Platten von festem Holze nach Fig. 91 zur Verbindung der Steine an den Stoßfugen anzuwenden, verdient in den meisten Fällen den Vorzug. Bei Mauern im Trockenen werden die Holzplatten von etwa 1 Zoll Dicke

trocken in die etwas tiefer eingearbeiteten Oeffnungen eingelegt und mit feinem Sande zwischen den Fugen ausgefüllt und überdeckt; bei Mauern im Wasser können dieselben vor der Verwendung in Oel oder Theer gekocht und sodann in die mit hydraulischem Mörtel oder Cement ausgefüllten Vertiefungen fest eingetrieben werden. Es kann auch eine Verbindung der Steine untereinander durch das Ineinandergreifen der an den Stoßfugen nach gebrochenen Linien bearbeiteten Steinköpfe erreicht werden. Bei der Anordnung derartiger Verbindungen werden die Binder als Anker betrachtet, welche das Abweichen der Läufer verhindern, und deshalb auch Ankerbinder genannt. Die Stoßfugen dürfen, der Natur der Steine entsprechend, unter keinem kleineren Winkel als einem rechten bearbeitet werden.

Bei dem in Fig. 92 dargestellten Verbande zweier Schichten einer Mauer mit spitzwinkeliger Ecke wird die Ecke in allen Schichten durch einen Ankerbinder gebildet, welcher nach der Richtung der Halbirungslinie des von den beiden Mauern eingeschlossenen Winkels so eingelegt ist, daß diese Halbirungslinie den Stein der Länge nach in zwei Theile von ungleicher Breite theilt. Durch das Verlegen der ungleichen Breiten des Eckbinders von Schichte zu Schichte, abwechselnd von der einen nach der andern Mauerseite, ergiebt sich die für den Verband erforderliche Verwechselung der Stoßfugen. Fig. 93 giebt den nach gebrochenen Linien bearbeiteten Schnitt der Stoßfugen in größerem Maßstabe, woraus ersichtlich ist, daß die Läufer von der Hinterkante, stumpfwinkelig $1^1/_2$ bis 2 Zoll tief in die Binder eingesetzt, von dem Mauerhaupte auf die halbe Breite rechtwinkelig bearbeitet und erst von da ab nach der Versetzung an der Hinterkante schwalbenschwanzförmig eingezogen sind.

B. Ebene Böschungsmauern. Die Anordnung des Verbandes nach der Dicke der Mauern und nach der Größe der dabei in Anwendung kommenden Steine ist bei den Böschungsmauern dieselbe, wie bei den geraden Mauern mit senkrechten Häuptern. Wir werden deshalb bei unserer Betrachtung annehmen, daß die Böschungsmauern aus Steinen von solcher Größe bestehen, daß die Breite derselben die ganze Dicke der Mauer ausmacht.

Nehmen wir nach Fig. 94 den Durchschnitt einer Böschungsmauer senkrecht auf die Richtung dieser Mauer an, so werden wir nach dem Neigungswinkel DBA, welchen die Böschungsfläche gegen die Grundlinie AB einschließt, annehmen können, daß die Lagerflächen der Steine nach ihrer ganzen Ausdehnung horizontal durchgeführt werden können, ohne dadurch der Tragfähigkeit derselben erheblich zu schaden. Dieser senkrechte Durchschnitt der Mauer ist als Musterriß hinreichend, um darnach die Steine heraustragen zu können. Nehmen wir an, es seien Steine der ersten Schichte herauszutragen, so hat man einen Stein zu suchen, welcher die Breite AB, die Höhe AE und diejenige Länge hat, welche durch den Längenverband der Mauer vorgeschrieben ist.

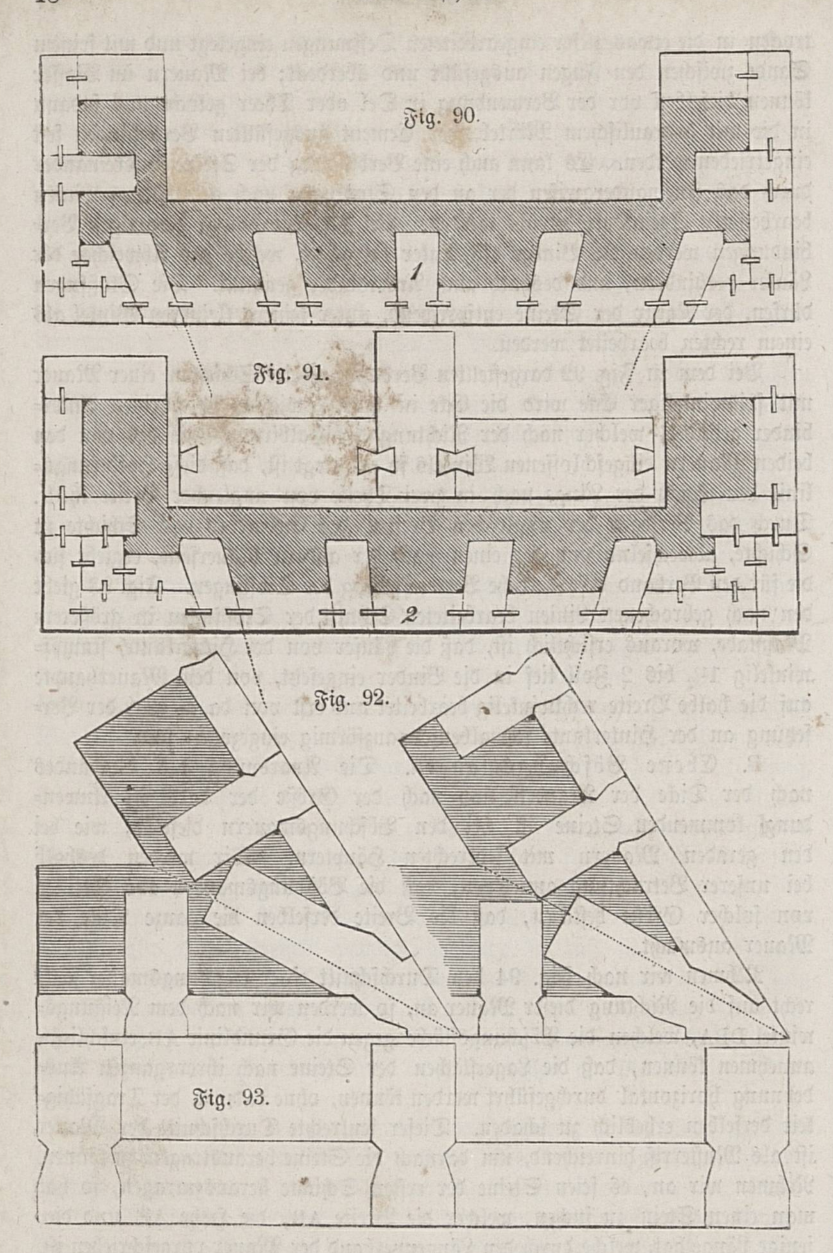


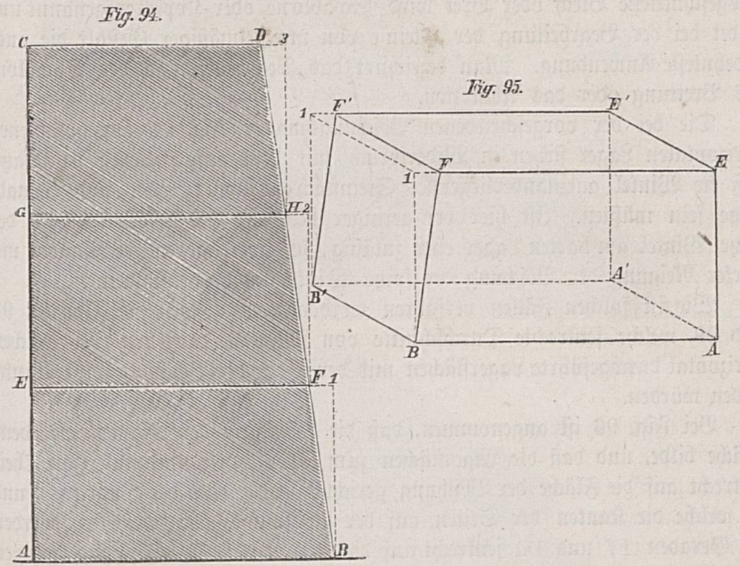
Fig. 90.

Fig. 91.

Fig. 92.

Fig. 93.

Es sei ABEF dieser Stein, welcher nach dem Musterrisse bearbeitet werden soll. Nachdem das untere harte Lager ABB^1A^1 bearbeitet ist, werden die Seite AEE^1A^1, welche einen Theil des senkrechten Mauerhauptes ausmachen soll, sodann die beiden Stoßfugen ABEF und $A^1E^1B^1F^1$, welche auf dem Lager und gegen das hintere Haupt rechtwinkelig stehen, und zuletzt das obere Lager EE^1 und FF^1 parallel mit dem unteren und in einer Entfernung AE, welche der Höhe der Schichte nach dem Musterrisse gleich ist, bearbeitet. Um die noch zu bearbeitende Böschungsfläche zu erhalten, macht man AB Fig. 95 an jeder Unterkante der Stoßfugen gleich AB Fig. 94, welches die Breite des Lagers ergiebt; aus den Punkten BB^1 Fig. 95 zieht man B^1B^1 winkelrecht auf das Lager, an jeder Fuge, und macht die Entfernungen F^1F^1 Fig. 95 gleich der im Musterrisse Fig. 64 angegebenen Einziehung F^1, der Böschung der ersten Schichte. Werden nun die geraden Linien BB^1 am unteren, FF^1 am oberen Lager und FB, B^1F^1 an den Stoßflächen vorgerissen, und es wird nach diesen Begrenzungslinien die geneigte Fläche eben bearbeitet, so hat der Stein die durch den Musterriß vorgeschriebene Gestalt.



Ebenso verfährt man, um die Steine der andern Schichten nach dem Musterrisse herauszutragen. Das angegebene Verfahren setzt das genaueste Uebertragen der Maße von dem Musterrisse auf die Steinflächen voraus, und giebt, wenn das Vorzeichnen der Steine mehreren Arbeitern überlassen werden muß, Veranlassung zu ungenauer Bearbeitung derselben. Es ist weniger zeitraubend, und es wird die Bearbeitung der Steine übereinstimmender, wenn

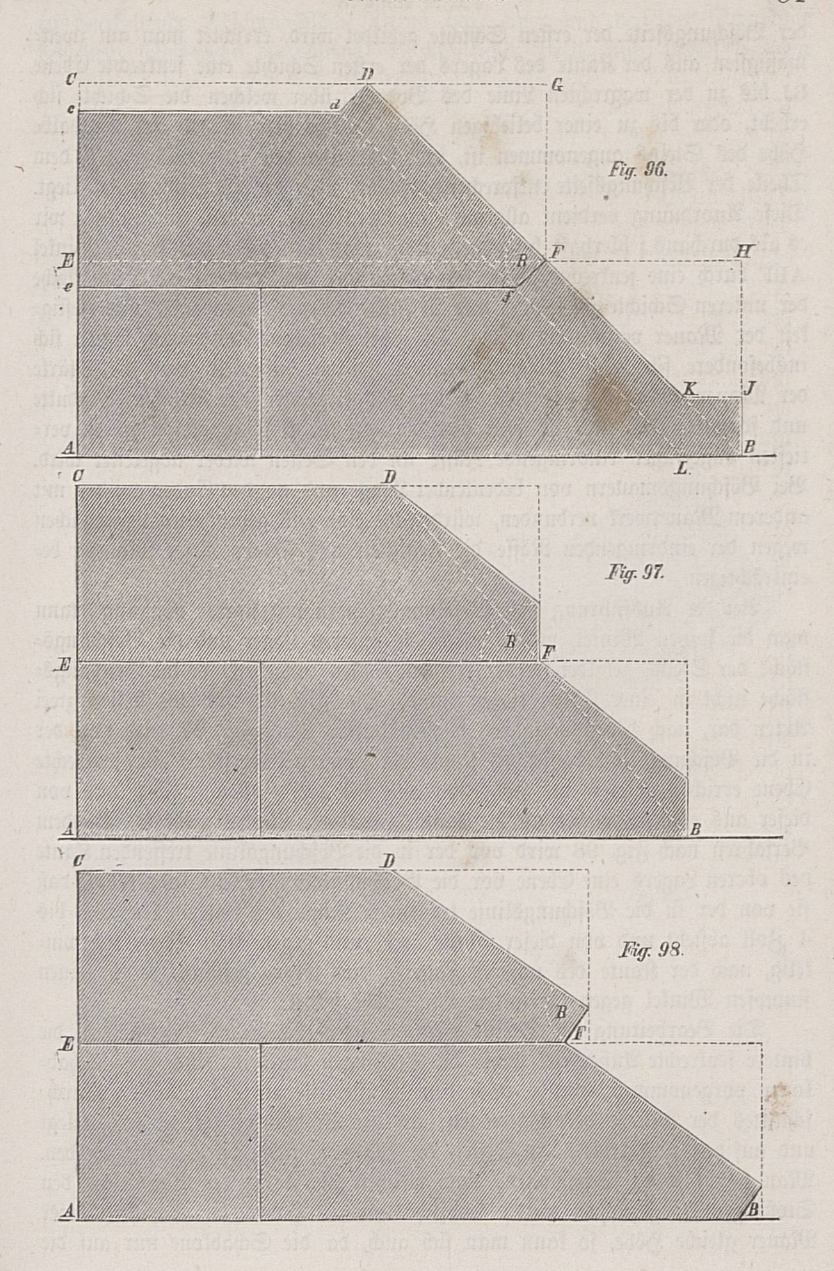
man, nachdem man die Breite des Lagers vorgezeichnet hat, die Neigung der Böschungsfläche vermittelst eines beweglichen Winkelmaßes angiebt, mit welchem man die Oeffnung des Winkels ABD Fig. 94, den die Böschung gegen das Lager bildet, abnimmt, um ihn in Bezug auf das untere Lager an die Steine zu tragen. Wir haben dieses bewegliche Winkelmaß, welches Schmiege genannt wird, bereits bei den zur Bearbeitung der Steine erforderlichen Werkzeugen beschrieben, und haben nur noch zu bemerken, daß bei der Anwendung desselben zum Uebertragen der Böschungslinie der stärkere Schenkel desselben an das Lager angeschlossen und die schwächere Zunge nach dem Böschungswinkel gerichtet und sodann festgeschraubt wird.

Sind die Steine in großer Anzahl zu bearbeiten, so kann man auf eine einfachere und dabei schärfere Weise die vorgeschriebene Form auf die Fugen der Steine vorzeichnen, wenn man ein Stück Blech, ein Bret oder einen Pappdeckel nach der im Musterrisse vorgeschriebenen Form und Größe ausschneidet, dasselbe dann genau auf die Fugen des Steins legt und die Begrenzungslinien an dem Rande desselben scharf hinzieht. Das in einer bestimmten Form ausgeschnittene Blech oder Bret wird Schablone oder Kopfbret genannt und findet bei der Bearbeitung der Steine von unregelmäßiger Gestalt die ausgedehnteste Anwendung. Man bezeichnet das Bearbeiten nach der Schablone als Brettung oder das Abbretten.

Die bei der vorgeschriebenen Böschungsmauer Fig. 94 angenommenen horizontalen Lager stehen in Widerspruch mit dem aufgestellten Grundsatze, daß die Winkel aneinanderliegender Steinflächen immer rechte und niemals spitze sein müßten. Ist hier bei geringer Neigung des Mauerhauptes der spitze Winkel am harten Lager eher zuläßig, so darf dagegen bei Mauern mit starker Neigung der Böschung der spitze Winkel nicht vorkommen.

Wie in solchen Fällen verfahren werden kann, zeigen die Fig. 96, 97 und 98, welche senkrechte Durchschnitte von Mauern darstellen, bei welchen horizontal durchgeführte Lagerflächen mit der Seite der Böschung spitze Winkel bilden würden.

Bei Fig. 96 ist angenommen, daß die Böschung der Mauer eine ebene Fläche bilde, und daß die Lagerflächen zum Theil horizontal und zum Theil senkrecht auf die Fläche der Böschung gerichtet sind. Aus den Punkten F und D, welche die Kanten der Seiten auf der Böschungsfläche darstellen, werden die Geraden Ff und Dd senkrecht auf die Gerade BD der Böschung gezogen und diese Senkrechten unter sich, ungefähr 3 bis 4 Zoll, gleich gemacht. Zieht man nun von den Punkten f und d 2c. die Geraden ef und cd parallel mit BA, so drücken die gebrochenen Linien Ddc und Ffe die Lager der Schichten aus, welche von e nach f und von c nach d horizontal, von f nach F und von d nach D aber rechtwinkelig gegen die Fläche der Böschung gerichtet sind. Zur Beseitigung des spitzen Winkels, welcher von dem unteren Lager AB und

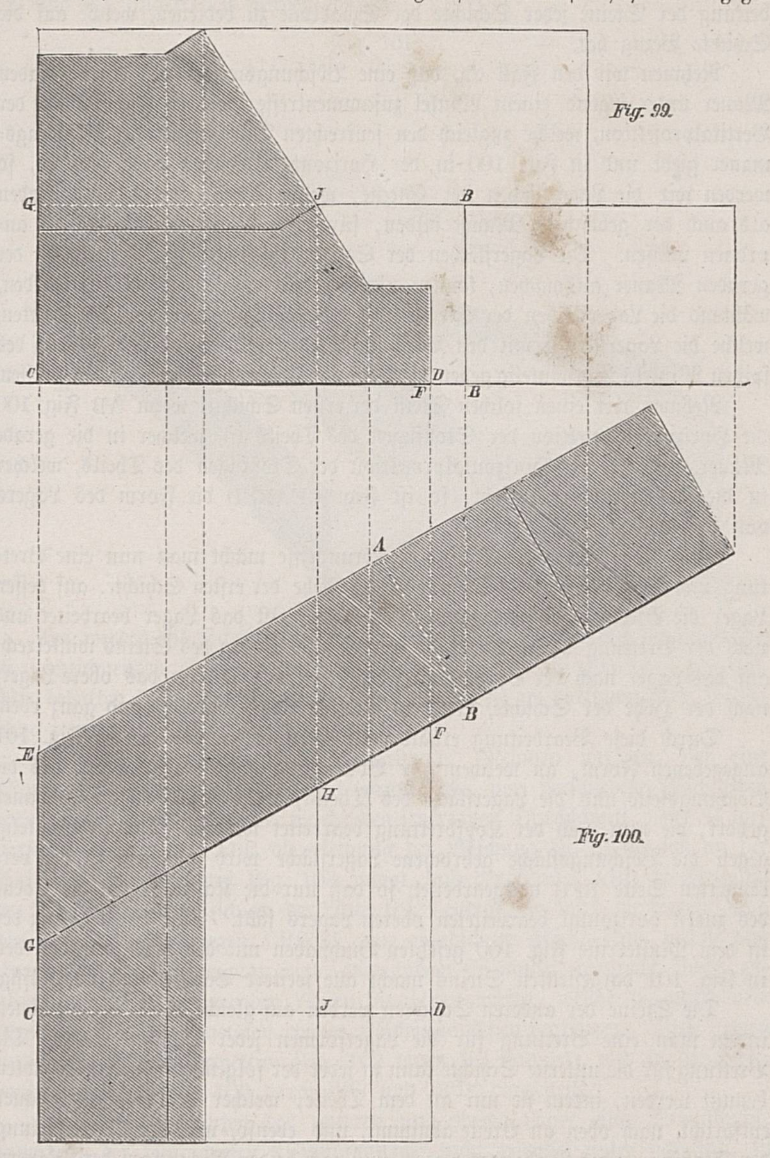

C
D
G
c
d
Fig. 96.
E
R
F
H
e
f
K
J
A
B
L.
C
D
Fig. 97.
R
E
F
A
B
C
D
Fig. 98.
R
E
F
A
B

der Böschungsseite der ersten Schichte gebildet wird, errichtet man am zweckmäßigsten aus der Kante des Lagers der ersten Schichte eine senkrechte Ebene BJ bis zu der wagrechten Linie des Bodens, über welchen die Schichte sich erhebt, oder bis zu einer beliebigen Höhe, welche hier in JK auf die halbe Höhe des Steins angenommen ist, und bearbeitet den oberen Theil KF dem Theile der Böschungsseite entsprechend, welcher über der Wagrechten JK liegt. Diese Anordnung verdient allgemein angewendet zu werden, und müssen wir es als durchaus fehlerhaft bezeichnen, wenn man statt dessen den spitzen Winkel ABF durch eine senkrechte Ebene KL abschneidet, weil dadurch die Grundfläche der unteren Schichte verkleinert und in Folge dessen die Stabilität und Festigkeit der Mauer vermindert wird. Die vorbeschriebene Anordnung eignet sich insbesondere für solche Böschungsmauern, deren Außenseite nur die Stärke der Mauer ausmacht, wie dies bei den Flügelmauern der Brücken, Viadukte und so weiter der Fall ist, weil hier die von der Böschungsfläche in die vertieften Lagerfugen eindringende Nässe an den Seiten wieder abgeleitet wird. Bei Böschungsmauern von bedeutender Länge und an den Enden wieder mit anderem Mauerwerk verbunden, würden die einwärts gebrochenen Lagerflächen wegen der eindringenden Nässe die Festigkeit und Dauer dieser Mauern beeinträchtigen.

Bei der Ausführung von Böschungsmauern mit starker Neigung, kann man die spitzen Winkel, welche durch die unteren Lager und die Böschungsfläche der Steine gebildet werden, in den Fällen umgehen, wo die Böschungsfläche nicht in einer Ebene liegen muß. Die Fig. 97 und 98 stellen zwei Arten dar, nach denen verfahren werden kann. Nach Fig. 97 wird von der in die Böschungslinie treffenden Kante der unteren Lagerfläche eine senkrechte Ebene errichtet, dieser eine Höhe von zwei bis drei Zollen gegeben und von dieser aus eine Ebene bis an die Kante des oberen Lagers geführt. Bei dem Verfahren nach Fig. 98 wird von der in die Böschungslinie treffenden Kante des oberen Lagers eine Ebene vor die Böschungslinie tretend so geführt, daß sie von der in die Böschungslinie treffenden Kante des unteren Lagers 3 bis 4 Zoll absteht und von dieser Ebene aus, und gegen diese Ebene rechtwinkelig, nach der Kante des unteren Lagers, eine Ebene geführt, welche einen stumpfen Winkel gegen die untere Lagerfläche bildet.

Die Bearbeitung der Steine wird, nachdem die beiden Lagerflächen, die hintere senkrechte Außenseite sowie die Stoßfugen bearbeitet sind, nach Schablonen vorgenommen, welche nach dem Musterrisse eines senkrechten Durchschnittes der Mauer herausgetragen, an die Stoßflächen der Steine gelegt und auf den zu bearbeitenden Seiten der Böschungsfläche vorgezeichnet werden. Man nennt solche Schablonen, nach welchen die Form der Steine an den Stoßfugen vorgezeichnet wird, Kopfschablonen. Haben die Schichten einer Mauer gleiche Höhe, so kann man sich auch, da die Schablone nur auf die

zu bearbeitende Böschungsfläche Bezug hat, einer und derselben Schablone bedienen, selbst wenn die Steine von ungleicher Breite sind; haben dagegen



die Steinschichten verschiedene Höhen, so sind für die verschiedenen Schichten auch verschiedene Schablonen erforderlich, und man hat sich bei der Bearbeitung der Steine jeder Schichte der Schablone zu bedienen, welche auf die Schichte Bezug hat. —

Nehmen wir den Fall an, daß eine Böschungsmauer mit einer geraden Mauer unter irgend einem Winkel zusammentreffe, wie in Fig. 99 in der Vertikalprojektion, welche zugleich den senkrechten Durchschnitt der Böschungsmauer giebt und in Fig. 100 in der Horizontalprojektion dargestellt ist, so werden wir die Lagerflächen der Steine, welche Theile sowol der geraden als auch der geböschten Mauer bilden, für jeden Mauertheil besonders anordnen müssen. Die Lagerflächen der Steine, insoweit sie Bestandtheile der geraden Mauer ausmachen, können nämlich horizontal durchgeführt werden, während die Lagerflächen der Steine in der Böschungsmauer von den Kanten, welche die Lagerflächen mit den Böschungsflächen bilden, zur Vermeidung des spitzen Winkels rechtwinkelig gegen die Böschungsfläche gebrochen werden müssen.

Nehmen wir einen solchen Stein der ersten Schichte, wenn AB Fig. 100 die Horizontalprojektion der Stoßfugen des Theils ist, welcher in die gerade Mauer, und CD die Horizontalprojektion der Stoßfugen des Theils, welcher in die Böschungsmauer geht, so ist Fig. CEABFD die Form des Lagers von diesem Steine.

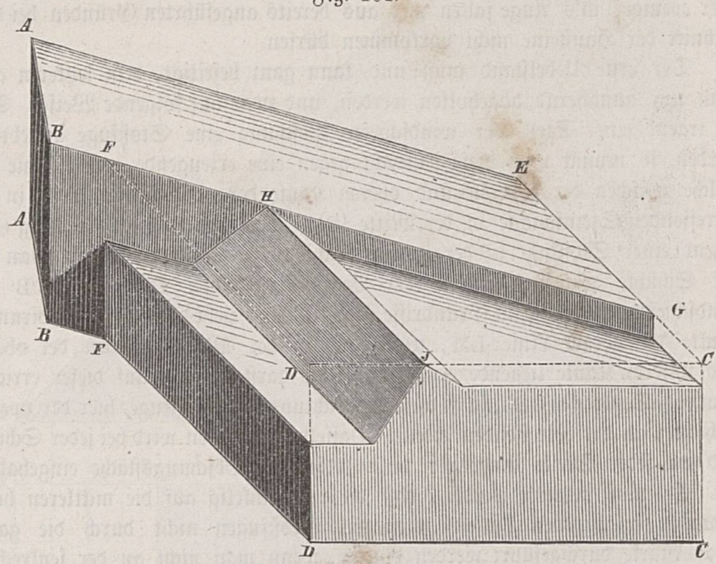
Nach dieser Form des Steins im Grundrisse macht man nun eine Brettung und sucht dann einen Stein von der Höhe der ersten Schichte, auf dessen Lager die Brettung aufgetragen werden kann. Ist das Lager bearbeitet und nach der Brettung vorgezeichnet, so werden alle Seiten des Steins winkelrecht auf das Lager nach der Vorzeichnung bearbeitet und sodann das obere Lager, nach der Höhe der Schichte, mit dem unteren Lager parallel und ganz eben.

Durch diese Bearbeitung erhält man einen Stein von der in Fig. 101 angegebenen Form, an welchem zur Vollendung nichts mehr fehlt, als die Böschungsseite und die Lagerfläche des Theils, welcher zur Böschungsmauer gehört, die nun nach der Kopfbrettung bearbeitet werden. Die rechtwinkelig gegen die Böschungsfläche gebrochene Lagerfläche wird nur bis zu der verlängerten Seite BFG ausgearbeitet, so daß nur die Kante JH in die Ebene des zuerst horizontal bearbeiteten oberen Lagers fällt. Eine Vergleichung der in dem Musterrisse Fig. 100 gesetzten Buchstaben mit den entsprechenden des in Fig. 101 dargestellten Steins macht alle weitere Beschreibung überflüssig.

Die Steine der anderen Schichten werden auf gleiche Weise vorgezeichnet, indem man eine Brettung für die Lagerformen jeder Schichte macht. Die Brettung für die unterste Schichte kann zu jeder der folgenden höheren Schichten benutzt werden, indem sie nur an dem Theile, welcher der Böschungsmauer entspricht, nach oben an Breite abnimmt, und ebenso, nach der Verwechselung der Stoßfugen, des Verbandes wegen, nur nach beiden Richtungen der Mauern

länger oder kürzer wird, welche Veränderungen in der Schablone vorgezeichnet und darnach die Stoßfugen rechtwinkelig auf die äußeren Begrenzungslinien CE und EA angetragen werden können.

Fig. 101.



Es werden die Schablonen, welche man anfertigt, um auf die Lager der zu verzeichnenden Steine gelegt zu werden, Lagerschablonen genannt. Wir behalten diese Benennung bei und werden sie in vorkommenden Fällen ohne weitere Umschreibung anwenden.

C. Windschiefe Böschungsmauern. Nehmen wir an, daß eine Mauer, von gleicher Stärke an der Grundfläche, zwei verschiedene Böschungen habe, so daß nach Fig. 102, welche den senkrechten Durchschnitt dieser Mauer darstellt, der Winkel ABC die Neigung der Böschung sei, welche sich an der Linie C′B′ im Grundriß Fig. 103 endigt, und der Winkel ABD die Neigung der Böschung, welche sich an der Linie D′B″ endigt, so wird die Vereinigung dieser beiden Böschungen CBD′B″ eine windschiefe Fläche sein, welche aus einer geraden Linie erzeugt wird, die, indem sie immer wagrecht bleibt, zugleich auf den zwei geraden Linien hingleiten würde, welche die unter verschiedenen Winkeln geneigten ebenen Böschungsflächen begrenzen. Diese Linien sind in der Vertikalprojektion Fig. 102 durch BC und BD, und in der Horizontalprojektion Fig. 103 durch B′C′ und B″D′ dargestellt.

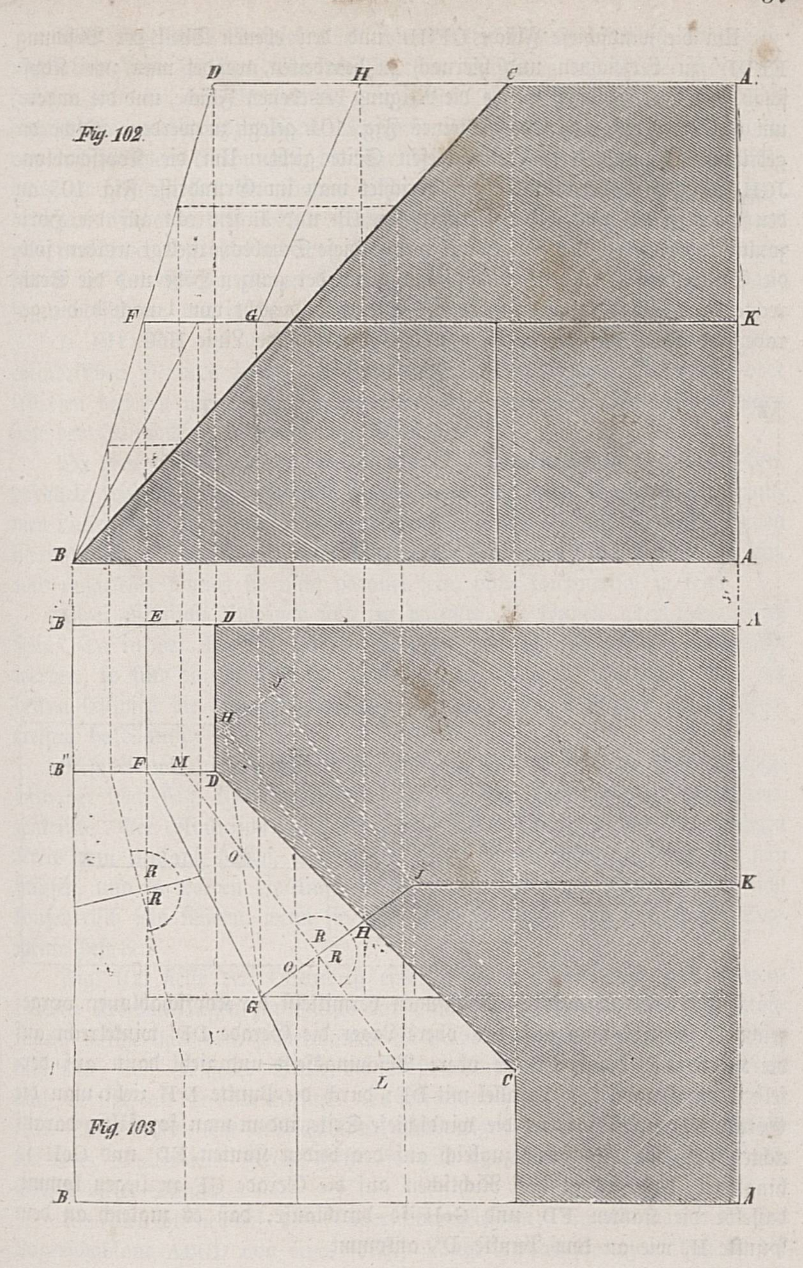
Da nun die Kanten der unteren und oberen Lager einer Steinschichte innerhalb der windschiefen Böschungsfläche nicht parallel unter sich sind, so

würden die Stoßfugen eines Steines, wenn man sie winkelrecht mit einer der zwei Kanten der windschiefen Seite machen wollte, ebenfalls windschief sein, und wollte man die Stoßfugen nur mit einer Kante winkelrecht annehmen, so würden an der anderen Kante spitze Winkel entstehen, die mehr oder weniger in's Auge fallen und aus bereits angeführten Gründen bei dem Schnitt der Hausteine nicht vorkommen dürfen.

Der erste Uebelstand muß und kann ganz beseitigt, dem letzteren aber kann nur annähernd abgeholfen werden, und zwar auf folgende Weise. Soll an irgend einer Stelle der windschiefen Böschung eine Stoßfuge angebracht werden, so nimmt man diese senkrecht gegen eine erzeugende gerade Linie an, welche zwischen der unteren und oberen Kante der windschiefen Seite in der betreffenden Steinschichte in der Mitte liegt. Um hiernach die Richtung GHJ irgend einer Stoßfuge in der zweiten Schichte zu erhalten, halbirt man die zur Schichte gehörigen Theile der Begrenzungslinien D'B'' und C'B' der windschiefen Böschung im Grundrisse Fig. 103 und zieht durch diese Halbirungspunkte die gerade Linie LM, welche die in der Mitte zwischen der oberen und unteren Kante liegende erzeugende Linie darstellt, und auf dieser errichtet man eine Senkrechte GHJ, so ist diese die Richtung der Stoßfuge, hier der zweiten Schichte, an der betreffenden Stelle. Dasselbe Verfahren wird bei jeder Schichte und an jeder Stelle innerhalb der windschiefen Böschungsfläche eingehalten.

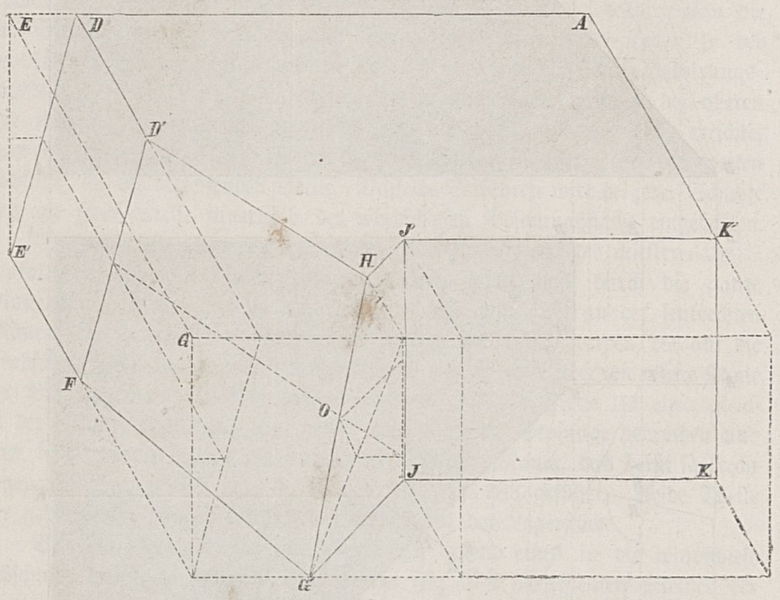
Es muß bemerkt werden, daß die rechtwinkelig auf die mittleren horizontalen erzeugenden Linien gezogenen Stoßfugen nicht durch die ganze Mauerstärke durchgeführt werden dürfen, wenn man nicht an der senkrechten Mauerfläche spitzwinkelige Stoßfugen erhalten will. Es werden die auf die windschiefe Böschung bezüglichen Stoßfugen nur so weit über die obere Kante der Böschung eines Steines hinaus gezogen, daß die Breite HJ etwa gleich ist der halben Steinhöhe, und von J aus wird die Stoßfuge gebrochen und nach K winkelrecht gegen die senkrechte Fläche der Mauer, das heißt senkrecht gegen die gerade Linie AA' im Grundrisse Fig. 103 geführt. Beide Theile der gebrochenen Stoßfugen stehen senkrecht auf der Lagerfläche.

Bei dem Heraustragen und Bearbeiten irgend eines in die windschiefe Böschung treffenden Steines, hier des in Fig. 104 dargestellten Steines der zweiten Schichte, welcher im Grundrisse Fig. 103 durch das Vieleck A,EFGJK nach seiner Grundform gegeben ist, wird wie folgt verfahren. Man nimmt nach dem Grundrisse Fig. 103 die Lagerschablone, welche dem Vieleck A'EFGJK vollkommen gleich ist, auf, bringt diese auf das eben bearbeitete untere Lager und zeichnet darauf die Form der Schablone scharf vor; nach dieser Vorzeichnung werden nun alle Seiten des Steines winkelrecht auf dieses Lager, mit Ausnahme der Seite, welche windschief wird; sodann wird das obere Lager parallel mit dem unteren bearbeitet und so ein Stein dargestellt, welchem zur Vollendung nur noch die Böschungsflächen fehlen.


Fig. 102.
D
H
C
A
F
G
K
B
A
Fig. 103

Um die windschiefe Fläche GFHD' und den ebenen Theil der Böschung EFDD' zu verzeichnen und hiernach zu bearbeiten, wendet man zwei Kopfschablonen an, die eine, welche die Neigung der ebenen Fläche, und die andere, um auf den Kopf GJKJ des Steines Fig. 104 gelegt zu werden, welche die gekrümmte Kante GH der windschiefen Seite giebt. Um die Kopfschablone JGHJ Fig. 104 herauszutragen, errichtet man im Grundrisse Fig. 103 an den Punkten oH und J die Geraden Oo, Hh und Ji senkrecht auf die Horizontalprojektion GJ der Fuge, auf welche diese Schablone gelegt werden soll; die Senkrechten Ji und Hh macht man gleich der ganzen Höhe und die Senkrechte Oo gleich der halben Höhe des Steins und zieht von i nach h die gerade und durch die Punkte H, o und G die krumme Linie HoG.

Fig. 104.



Ist der Stein auf den Stoßfugen vermittelst der Kopfschablonen vorgezeichnet, so zieht man auf das obere Lager die Gerade DD' winkelrecht auf die Kante AE, bearbeitet die obere Böschungsseite und zieht dann auf derselben die Gerade D'F parallel mit DE; durch die Punkte D'H zieht man die Gerade HD' und bearbeitet die windschiefe Seite, indem man sorgfältig darauf achtet, daß das Richtscheit zugleich auf den beiden Kanten ED' und GoH so hingleitet, daß, indem das Richtscheit auf die Gerade GF zu liegen kommt, dasselbe die Kanten FD' und GoH so durchlaufe, daß es zugleich an dem Punkte H, wie an dem Punkte D', ankommt.

Das angeführte Beispiel einer windschiefen Mauer wird für den aufmerksamen Leser genügen, von abweichenden Beispielen die Musterrisse anzufertigen und für die Bearbeitung der Steine die erforderlichen Lager- und Kopfschablonen herauszutragen. Kommen Fälle vor, wo mehrere Mauern von verschiedenen Böschungen, die man durch windschiefe Ebenen in Vereinigung zu bringen hat, den Boden nicht an einer und derselben geraden, sondern an mehreren gebrochenen Linien treffen, so hat man für jede Mauer von verschiedener Böschung einen Musterriß, welcher den senkrechten Durchschnitt der betreffenden Mauer darstellt, anzufertigen; im Uebrigen aber ganz so zu verfahren, wie in dem angeführten Beispiele angegeben ist.

D. Gerade cylindrische Mauern. Man versteht unter geraden cylindrischen Mauern solche, deren Umfänge aus Kreisbogen, Korbbogen oder Ellipsen bestehen und deren Außenflächen nach den entsprechenden Umfängen von der Grundfläche senkrecht aufgeführt sind.

Da zwei krumme Linien, welche überall gleichweit von einander abstehen, parallele krumme Linien genannt werden, und wir unter konzentrischen krummen Linien diejenigen verstehen, welche denselben Mittelpunkt haben, so können hiernach zwei Kreisumfänge nicht konzentrisch sein, ohne dabei parallel zu sein, und umgekehrt können sie nicht parallel sein, ohne konzentrisch zu sein.

Zwei elliptische Umfänge sind nie parallel, sie können aber konzentrisch sein. Da in der Regel elliptische Mauern von gleicher Stärke aufgeführt werden, so sind die Ellipsen der Umfänge, da die zwei Achsen der einen der beiden Ellipsen die gegenseitigen Achsen der anderen um dieselbe Größe übertreffen, halbähnlich.

Nehmen wir gerade cylindrische Mauern an, so sind die Kreisumfänge entweder nach Fig. 105 konzentrisch, oder sie sind nach Fig. 106 nicht konzentrisch. Bei cylindrischen Mauern von gleicher Stärke, welche einen ganzen Kreis zum Umfang haben, werden die beiden Kreisumfänge konzentrisch sein müssen, und es werden die Umfänge cylindrischer Mauern nur alsdann nicht konzentrisch sein können, wenn sie aus einem Halbkreis und aus einem Segmente bestehen.

Fig. 105 stellt den Grundriß einer geraden Mauer mit zwei konzentrischen Kreisumfängen zur Hälfte dar. Bei dieser Mauer werden die Stoßfugen, welche nach dem gemeinsamen Mittelpunkte gezogen werden, gleichförmig sein, weil an jeder Stelle die Normallinien an einer krummen Linie auch normal an der anderen sind. Es wird sonach für die sämmtlichen Steine einer Schichte nur eine Kopfschablone anzufertigen sein, und haben alle Schichten einer Mauer eine gleiche Höhe, so gilt die eine Kopfschablone für alle Steine dieser Mauer.

Um die Steine auf dem Lager vorzuzeichnen, braucht man nur eine Lagerschablone ABCD von einer solchen Länge AB anzufertigen, daß sie der

größten Steinlänge in der entsprechenden Schichte gleichkommt, auf dieser dann die normalen Stoßfugen der Steine von verschiedener Länge aufzureißen und darnach beim Auflegen der größeren Schablone auf das Lager der kleineren Steine die entsprechenden Stoßfugen von den scharf zu markirenden Schnittpunkten an dem äußeren und inneren Umfang der Schablone aufzeichnen zu können.

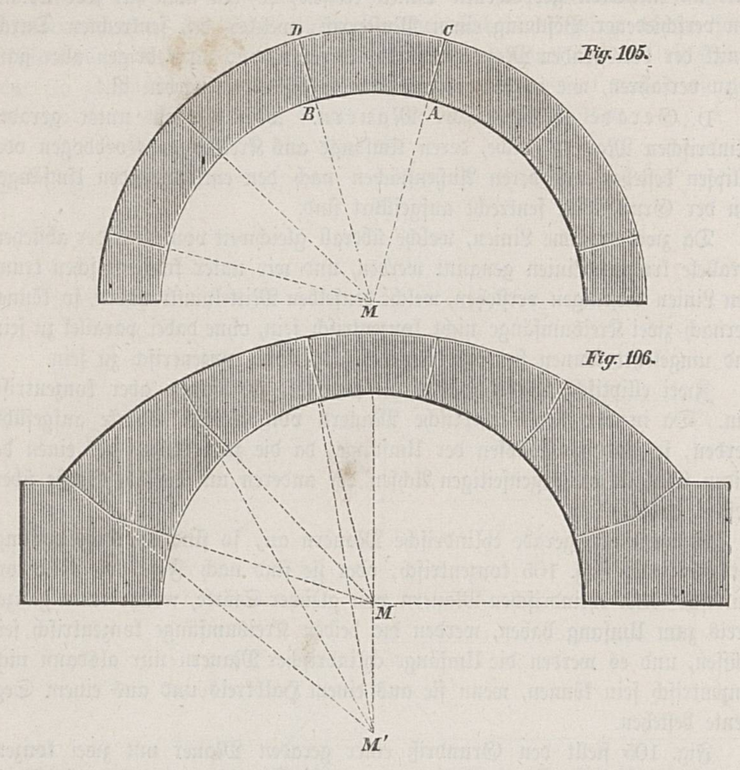


Fig. 105.
Fig. 106.

Kommen Steine von verschiedener Länge und für verschiedene Längen in größerer Anzahl vor, so trägt man für jede Steinlänge besondere Lagerschablonen heraus.

In Fig. 106 geben wir den Grundriß einer geraden cylindrischen Mauer, deren Kreisumfänge aus zwei verschiedenen Mittelpunkten beschrieben, demnach nicht konzentrisch sind. Wollte man in diesem Falle die Stoßfugen in gerader Richtung normal auf den inneren Kreisumfang durchführen, so würden an dem äußeren Kreisumfange spitze Winkel entstehen, und umgekehrt würden an dem inneren Kreisumfange spitze Winkel entstehen, wenn man die Stoß-

fugen normal auf den äußeren Kreisumfang in gerader Richtung durchführen wollte. Diesem Uebelstand wird nun dadurch begegnet, daß man, wie aus Fig. 106 ersehen werden kann, die Stoßfugen in gebrochenen Linien anordnet, so zwar, daß man jede Stoßfuge auf die eine Hälfte der Mauerstärke normal gegen den inneren, und auf die andere Hälfte der Mauerstärke normal gegen den äußeren Kreisumfang zieht. Durch diese Anordnung wird der Anforderung, daß alle Steine unter sich rechte Winkel bilden, auf das Vollkommenste entsprochen; es tritt aber für die Bearbeitung der Steine die Nothwendigkeit ein, für jeden Stein einer Schichte eine besondere Lagerschablone anzufertigen. Kann zur Verminderung der großen Anzahl von Lagerschablonen der Verband so angeordnet werden, daß eine regelmäßige Verwechselung der Stoßfugen von Schichte zu Schichte stattfindet, so hat man nur die Lagerschablonen aller Steine der beiden ersten Schichten zu machen. Die Schablonen der ersten Schichte sind dann für die dritte, fünfte ꝛc., und die Schablonen der zweiten Schichte sind für die vierte, sechste ꝛc. anwendbar.

Sind die Richtungslinien der Oberflächen senkrechter Mauern Ellipsen und ihre Parallelen, so können die Stoßfugen, wie bei der Mauer, mit konzentrischen Kreisumfängen in gerader Richtung durchgeführt werden, weil auch hier die Normallinien an einer krummen Linie normal an der anderen sind. Elliptische Mauern, deren Richtungslinien der Umfänge zwei ähnliche konzentrische oder nur halbähnliche Ellipsen sind, müssen mit gebrochenen Stoßfugen, ähnlich wie bei der cylindrischen Mauer mit nicht konzentrischen Kreisumfängen, angeordnet werden.

E. Schiefe cylindrische Mauern. Als Beispiel einer schiefen cylindrischen Mauer nehmen wir in den Fig. 107, 108 und 109 den Fall an, daß zwei Böschungsmauern so zusammentreffen, daß sie einen beliebigen Winkel bilden. Die Böschungsseiten sind auswärts und haben verschiedene Neigungen. Es sollen nun die beiden Böschungsseiten durch eine schiefe cylindrische Oberfläche in Verbindung gebracht werden, wenn die an der Grundfläche liegende Richtungslinie zugleich ein tangenter Kreisbogen an den unteren Begrenzungslinien der Böschungsseiten ist.

Die Fig. 107 stellt in ABCD den senkrechten Durchschnitt der einen Böschungsmauer und in Fig. 108 in EFGH den senkrechten Durchschnitt der anderen Böschungsmauer dar, deren Grundlinien in Fig. 109 durch Aa und aF, sowie die entsprechenden oberen Kanten durch Cb und bH im Grundrisse gegeben sind. Hiernach würden die Böschungsseiten dieser Mauern die scharfe Kante ab bilden. Sollen nun die Böschungsseiten durch eine Cylinderfläche in Verbindung gebracht werden, so hat man die gleichen Winkel AaF, CbH in zwei gleiche Theile durch die Geraden ad und $\overline{bh}$ zu theilen, welche parallel sind; auf der Geraden ad nimmt man den Punkt d so an, daß die von demselben auf die Geraden aA und AF gezogenen Senkrechten dc und de gleich

sind dem Halbmesser der Grundfläche des schiefen Cylinders, dessen Oberfläche die Vereinigung der beiden Böschungsmauern bilden soll. Nun macht man die Gerade bh gleich ad und fällt von h die Senkrechten hf und hg gegen die Geraden Cb und bH; verbindet man die Punkte f und c, sowie g und e durch gerade Linien, so sind dies die Horizontalprojektionen der erzeugenden Tangentenlinien der Böschungsseiten mit der cylindrischen Fläche. Diese zwei Geraden cf und eg sind unter sich und mit der durch die Mittelpunkte d und

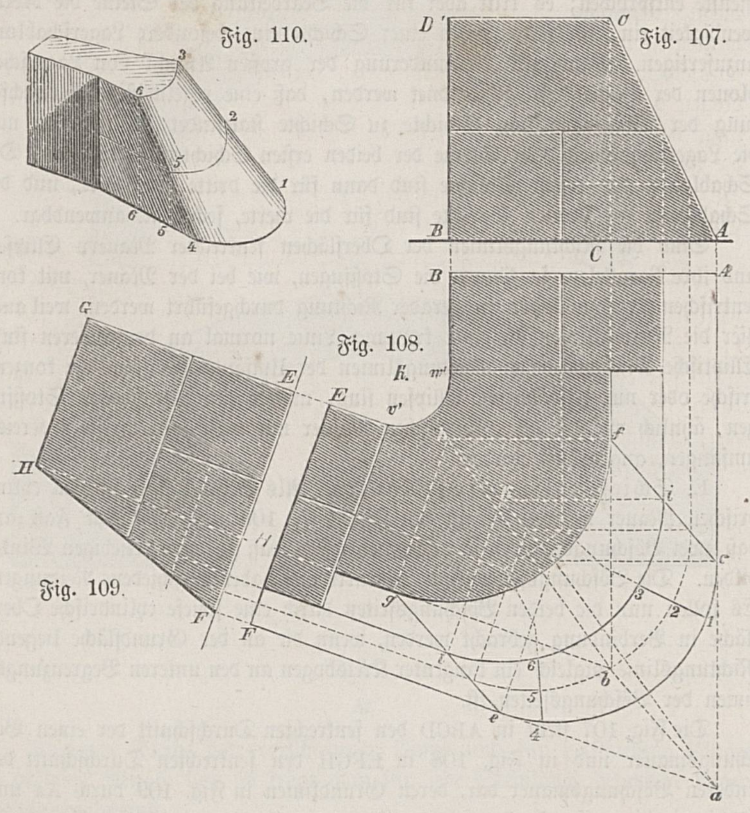


Fig. 110. Fig. 107. Fig. 108. Fig. 109.

h gezogenen Geraden, welche die Horizontalprojektion der Achse der cylindrischen Fläche ist, parallel. Um die Horizontalprojektionen der Kanten von den Schichten zu bekommen, zieht man nach den Durchschnitten Fig. 107 u. 108 von den Punkten J und L die Fugen an den Böschungsseiten, bis diese in i und l Fig. 109 die Tangentenlinien cf und eg treffen. Die von i parallel mit fh und von l parallel mit gh gezogenen Senkrechten werden die Achse dh in k schneiden, so daß k der Mittelpunkt des Kreisbogens ist, welcher

die Kante der Schichte in der cylindrischen Fläche bildet. Die inneren senkrechten Seiten der Mauern werden durch eine gerade cylindrische Fläche vereinigt, deren Grundriß in dem aus dem Mittelpunkt h' beschriebenen Kreisbogen vw dargestellt ist.

Bei der Richtung der Stoßfugen, welche an der schiefen cylindrischen Fläche vorkommen, verfährt man, zur möglichsten Beseitigung von spitzen Winkeln, auf ähnliche Weise wie bei den windschiefen Mauern; es werden nämlich die Stoßfugen an den betreffenden Stellen normal gegen eine zwischen der oberen und unteren Kante angenommene mittlere Durchschnittslinie, dabei aber senkrecht auf das Lager geführt, wie dies in Fig. 109 angegeben ist, wo die mit 1, 2, 3 und 4, 5, 6 bezeichneten geraden Linien die Stoßfugen eines Steines der ersten Schichte darstellen, welcher mit seinem Haupte in die schiefe cylindrische Fläche fällt.

Da diese Anordnung nur auf den Fugenschnitt an der schiefen cylindrischen Fläche Bezug hat, so werden die Stoßfugen von dieser Fläche nicht in gerader Richtung durch die ganze Mauerstärke, sondern nur 3 bis 4 Zoll über die obere Steinkante, und von da gebrochen in normaler Richtung gegen die innere gerade Cylinderfläche geführt, wie dies an dem in Fig. 110 perspektivisch dargestellten Steine der unteren Schichte ersehen werden kann. Die mit 1, 2, 3 und 4, 5, 6 bezeichneten Schnittlinien der Stoßfugen, welche im Grundrisse Fig. 109 gerade Linien darstellen, sind als schräge Schnittlinien des Cylinders krumme Linien, und es muß dies bei dem Heraustragen der Kopfschablonen berücksichtigt werden. Wie diese krummen Linien herausgetragen werden, ist in Fig. 109 an der Fugenschnittlinie, welche mit 4, 5, 6 bezeichnet ist, angegeben, und ebenso an dem Steine Fig. 110, so daß wir eine weitere Beschreibung des Verfahrens für diejenigen Leser, welche mit Aufmerksamkeit uns bis hierher gefolgt sind, als überflüssig erachten.

Bei der Bearbeitung der cylindrischen Seiten der Steine muß das Richtscheit nach der Richtung der erzeugenden Linien des Cylinders angelegt werden, sonach parallel mit der Tangentenlinie cf oder eg Fig. 109 der Böschungsseiten mit der cylindrischen Fläche. Es müssen deshalb an der vorgeschriebenen oberen und unteren Kante des zu bearbeitenden Steines, einzelne Punkte als Merkzeichen aus dem Grundrisse der Mauer entnommen, angegeben werden, um nach diesen das Richtscheit in verschiedenen Lagen über die zu bearbeitende Cylinderfläche anlegen zu können.

In dem besprochenen Beispiele einer schiefen cylindrischen Mauer haben wir die Böschungsseiten der beiden Mauern nach außen gerichtet angenommen, so daß die verbindende cylindrische Oberfläche rund erhaben ist; sind dagegen die Böschungsseiten nach innen gerichtet, so wird die verbindende cylindrische Oberfläche der Mauer hohlrund. Da nun aber die Konstruktion solcher Mauern mit hohlrunden cylindrischen Flächen, sowol in Bezug auf die Be=

stimmung der Kanten einzelner Schichten, als auch in Bezug auf die Anordnung der Stoßfugen für die einzelnen Steine, im Wesentlichen mit der beschriebenen Konstruktion von Mauern mit runderhabenen cylindrischen Flächen übereinstimmt, so glauben wir die Anführung eines Beispiels von einer schiefen Mauer mit hohlrunden cylindrischen Flächen füglich umgehen zu können.

F. Kegelförmige Mauern. Die in den Fig. 111, 112 und 113 dargestellten Projektionen zweier Böschungsmauern, welche ähnlich wie die in den Fig. 107, 108 und 109 dargestellten zusammentreffen, unterscheiden

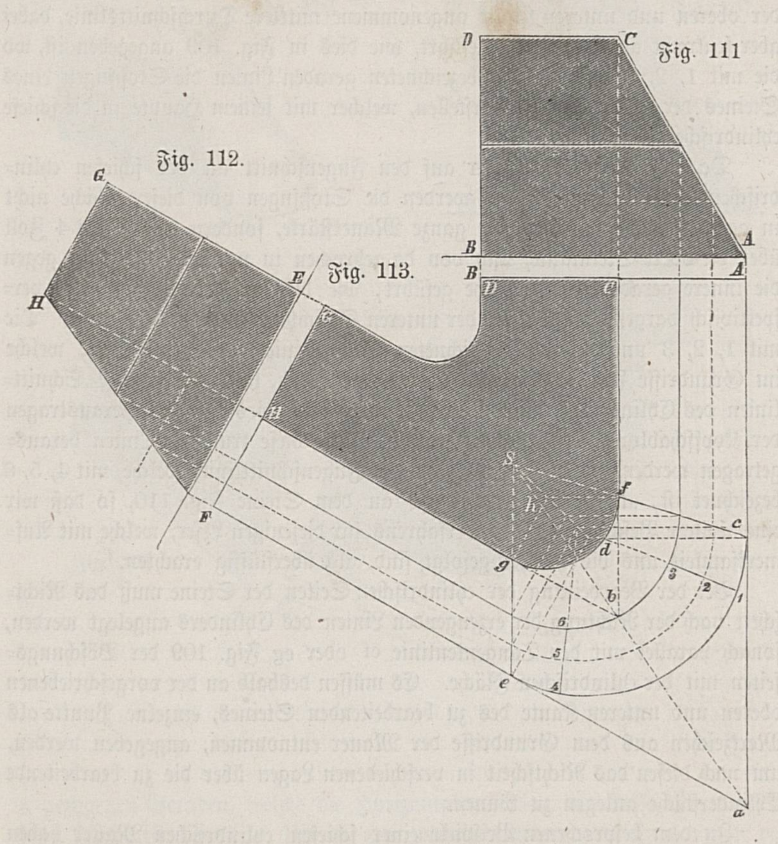


Fig. 111

Fig. 112.

Fig. 113.

sich von den letztgenannten nur dadurch, daß die Vereinigung der Böschungsflächen durch eine kegelförmige Fläche, statt durch eine schiefe cylindrische, gebildet wird. Eine kegelförmige Fläche entsteht bei der Vereinigung von Böschungsflächen in all' den Fällen, wo der Durchmesser des Kreisbogens, welchen die obere Kante der Mauer an der Vereinigung bildet, kleiner ist,

als der Durchmesser des Kreisbogens, welchen die untere Kante der Mauer derselben Vereinigung an der Grundfläche bildet.

Um das Verhältniß, welches unter den Halbmessern der zwischen der oberen und unteren Mauerkante vorkommenden Schichten bestehen soll, zu finden, damit die kegelförmige Fläche sich mit den Böschungsflächen so vereinigt, daß diese Böschungsebenen an der kegelförmigen Fläche tangent sind, theilt man, wie bei der Cylindermauer, die Winkel AaF und Cb'H durch die Geraden ad und bh in zwei gleiche Theile; hierauf nimmt man auf diesen geraden Linien die Punkte d und h so an, daß die von d nach Ac senkrecht gezogene Linie cd gleich ist dem Halbmesser, welchen der Kreisbogen an der Grundfläche erhalten soll, und die von h nach Cf senkrecht gezogene Linie hf gleich ist dem Halbmesser des Bogens an der oberen Kante der Mauer. Die von d senkrecht nach eF gezogene Linie de wird gleich der Linie cd, und die von K senkrecht nach gH gezogene Linie hg wird ebenso gleich fg sein. Die von c nach f, sowie von e nach g gezogenen geraden Linien, welche die Tangentenlinien der Böschungsflächen und der kegelförmigen, rund erhabenen Fläche darstellen, schneiden sich, nach oben verlängert, in dem Punkte S, welcher die Spitze des Kegels ist. Eine durch die Mittelpunkte d und k der Kreisbogen der unteren und oberen Mauerkante gezogene gerade Linie dh wird, nach oben verlängert, die Tangentenlinien ebenfalls in dem Punkte S schneiden, so daß diese Linie die Achse des Kegels darstellt, in welcher die Mittelpunkte aller Kreisbogen gelegen sind, welche die Kanten der einzelnen Schichten darstellen sollen. Bei runderhabenen Kegelflächen werden, wie in dem angeführten Beispiele, die Halbmesser nach oben abnehmen, wogegen bei hohlrunden Kegelflächen — wie sie bei Mauern vorkommen, deren Böschungen nach innen gerichtet sind — sie von der Grundfläche aus nach oben zunehmen, so daß die Spitze des Kegels unterhalb der Grundfläche gelegen ist.

Die in den Fig. 111, 112 und 113 gegebenen Musterrisse lassen den Unterschied der kegelförmigen Mauer von der schiefen cylindrischen genügend erkennen, und das um so mehr, weil wir dieselben Buchstaben, wie in den Fig. 107, 108 und 109, auf deren Beschreibung wir verweisen, beibehalten haben.

Treffen Böschungsmauern, welche gleiche Böschungen haben, unter irgend einem Winkel zusammen, so wird die Achse der kegelförmigen Vereinigung dieser Böschungen senkrecht, und es fallen dann in der Horizontalprojektion alle Mittelpunkte der Kreisbogen, welche die Kanten der Schichten vorstellen, mit der Projektion der Kegelspitze S in einem einzigen Punkte zusammen, so daß der Kegel ein gerader wird.

G. Stützpfeiler. Der Erfahrung entnommen, daß Mauern (deren Stärke einem gegebenen Druck oder Schub entsprechend in einem bestimmten Verhältnisse zu ihrer Höhe angenommen wurde) an Widerstandsfähigkeit ver-

lieren und in Folge dessen ihrer Länge nach umbiegen, wenn diese letztere das Doppelte ihrer Höhe überschreitet, werden Mauern von bedeutender Länge, entweder der zunehmenden Länge entsprechend, im Ganzen stärker gehalten, oder es werden, zur Ersparung an Mauermasse sowol als auch zur wesentlichen Vermehrung der Widerstandsfähigkeit von Mauern, welche ihrer ganzen Ausdehnung nach einem schiefwirkenden Drucke ausgesetzt sind, in entsprechenden Entfernungen außen vortretende Pfeiler angebracht, welche Stützpfeiler genannt werden.

Aehnliche vor die Mauerflucht vortretende Pfeiler werden als Strebepfeiler bezeichnet, wenn sie die Bestimmung haben, gegen einen Schub, welcher, wie etwa bei den Kreuzgewölben, nur in der Richtung gegen die Stelle der Mauer wirkt, wo der Pfeiler angebracht wird, als Widerlager zu dienen. Daß Strebepfeiler, welche unter sich durch Mauern verbunden sind, zugleich als Verstärkung dieser Mauern zu betrachten, sogar der sicherste Anhalt sind, um diese Mauern in so geringer Stärke aufzuführen, daß sie ohne ihre Verbindung mit den Strebepfeilern die verlangte Standfähigkeit nicht hätten, sehen wir durch unsere mittelalterlichen Kirchenbauwerke bestätigt, an welchen die zwischen den Strebepfeilern aufgeführten und von großen Fensteröffnungen durchbrochenen Mauern zuweilen nur den zwanzigsten Theil ihrer Höhe zur Stärke haben. Werden die Strebepfeiler, ihrer Bestimmung als Widerlager entsprechend, senkrecht und mit durchgehenden horizontalen Lagern aufgeführt, so daß sie in der Konstruktion durchaus nicht verschieden sind von den geraden Mauern und Pfeilern, so bieten dagegen die Stützpfeiler, welche, zur Verstärkung von Stützmauern angebracht, die ihrer ganzen Ausdehnung nach dem Druck und Schub Widerstand entgegenzusetzen bestimmt sind, sonach von oben nach unten an Stärke zunehmen müssen, Gelegenheit zu mannichfacher Anordnung der in die Böschungsfläche der Pfeiler treffenden, oder von dieser aus in die Mauer eingreifenden Steinschichten. Einige Beispiele sind in den Fig. 114, 115 und 116 dargestellt, welche die Durchschnitte von Stützmauern gleicher Stärke und Höhe mit den Seitenansichten der damit verbundenen und stark geböschten Stützpfeiler geben.

Bei Fig. 114 greifen die horizontalen Quaderschichten durch normal auf die Böschungsfläche des Pfeilers gerichtete gebrochene Flächen in die Böschung über, nach bereits bekanntem Hakenverband. Es werden durch diese Anordnung die spitzen Winkel vermieden, welche an den Unterkanten der in die Böschung greifenden Steine entstehen würden, wenn die horizontalen Lagerflächen bis zur Böschung fortgeführt wären. Es leuchtet ein, daß gegen ein Verrücken der Böschungssteine der aufwärts gerichtete Haken der vorhergehenden Schicht einen um so größeren Widerstand leistet, je breiter derselbe und je größer die Belastung der unteren Hakensteine durch die darauf folgenden Schichten ist. Je länger also die Hakensteine sind, um so besser entspricht diese Anordnung

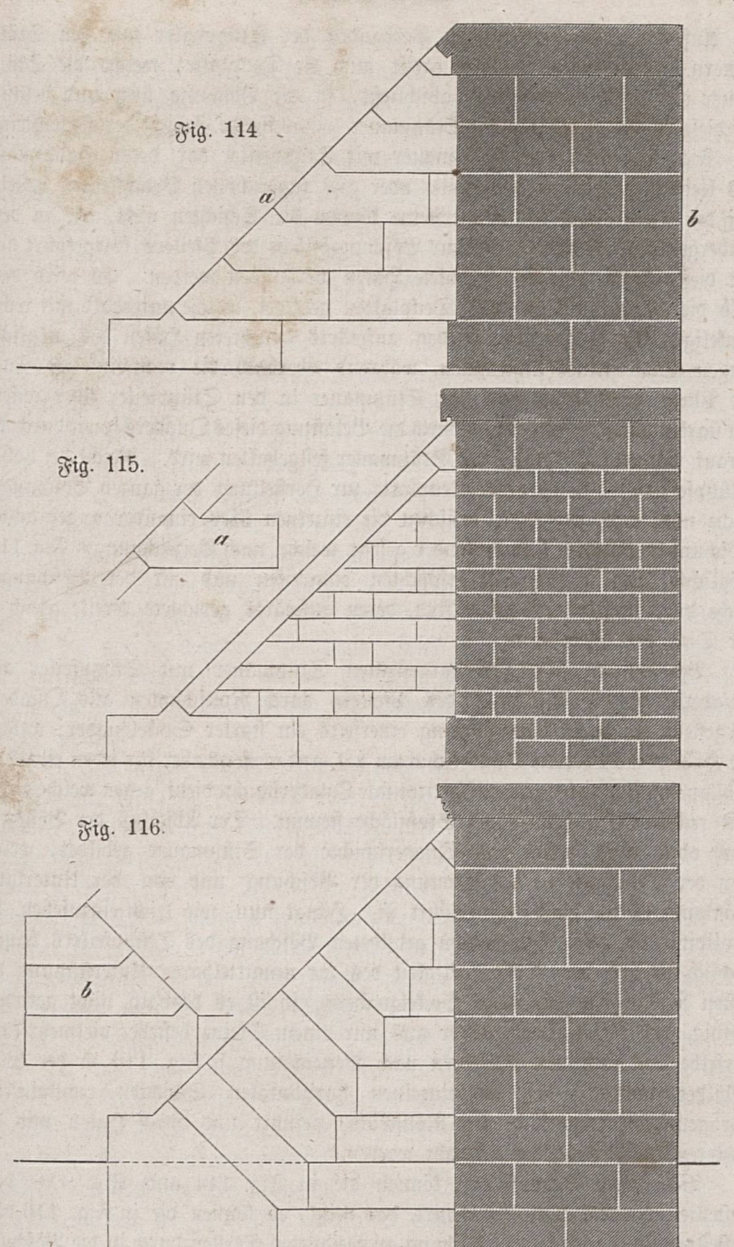


Fig. 114

Fig. 115.

Fig. 116.

den Anforderungen eines guten Verbandes der Stützpfeiler mit den Stützmauern. Aus diesem Grunde greift auch die Deckplatte, welche die Stützmauer auf ihre ganze Breite abschließt, in die Böschung über und belastet auf diese Weise die letzte in die Stützmauer eingreifende Schicht der Hakensteine.

Fig. 115 stellt eine Stützmauer mit Stützpfeiler dar, deren Hauptmasse aus kleinen Hausteinen (moëllons) oder aus zugerichteten Bruchsteinen besteht. Bei der Kleinlichkeit der Mauersteine können die Schichten nicht, wie in dem vorhergehenden Beispiele, bis zur Böschungsfläche des Pfeilers fortgeführt und mit dieser durch aufrecht gerichtete Haken verbunden werden. Es wird deshalb die Böschungsfläche durch Deckplatten gebildet, welche unterhalb mit rechtwinkeligen Stoßfugen sich an den aufwärts gerichteten Haken des möglichst langen Sockelsteines anstemmen, während oberhalb die rechtwinkelige Fuge der Platte durch einen aus der Stützmauer in den Stützpfeiler übergreifenden starken Quader gedeckt und durch die Belastung dieses Quaders sowie durch die darauf folgende Deckplatte der Stützmauer festgehalten wird. Reicht bei hohen Stützpfeilern die Länge einer Deckplatte zur Herstellung der ganzen Böschungsfläche nicht aus, so werden zwischen die einzelnen über einander angebrachten Böschungsdeckplatten Quaderbinder gelegt, welche, nach Beizeichnung a Fig. 115, möglichst lang in die Mauerschichten eingreifen und mit der Böschungsfläche durch Haken verbunden sind, deren aufwärts gerichtete Breite gleich ist der Dicke der Deckplatten.

Bei der in Fig. 116 dargestellten Stützmauer mit Stützpfeiler aus Quadern ist die Böschung des Pfeilers durch Rollschichten aus Quadern hergestellt, zu deren Unterstützung einerseits ein starker Sockelquader, welcher die Höhe von mehreren Quaderschichten hat, andererseits aber für jeden einzelnen Rollquader eine tiefer gelegene horizontale Quaderschichte dient, gegen welche er sich mit rechtwinkelig gebrochener Stoßfläche stemmt. Der Abschluß der Böschung nach oben wird durch eine Quaderschichte der Stützmauer gebildet, welche von der Oberkante in der Richtung der Böschung und von der Unterkante rechtwinkelig zur Böschung geführt ist. Hängt nun, wie leicht einzusehen, die Solidität der aus Rollschichten gebildeten Böschung des Stützpfeilers hauptsächlich ab von der Massenhaftigkeit des zur unmittelbaren Unterstützung der ersten Rollschichte dienenden Sockelquaders, so ist es deshalb nicht geradezu nöthig, daß dieser Sockelquader aus nur einem Steine bestehe, vielmehr kann derselbe aus mehreren Schichten nach Beizeichnung b Fig. 116 in der Weise gebildet werden, daß die einzelnen horizontalen Schichten rechtwinkelig zur geneigten Lagerfläche der Rollschichte geführt und durch Haken mit der letzteren in Verbindung gebracht werden.

Bei hohen Stützpfeilern können die in Fig. 114 und Fig. 116 dargestellten Anordnungen kombinirt, das heißt, es können die in Fig. 116 dargestellten Rollschichten der Böschung an geeigneten Stellen durch in die Böschung

nach Fig. 114 eingreifende horizontale Ankerbinder unterbrochen und erst wieder oberhalb der möglichst langen und hohen Ankerbinder kann mit der Bildung von Rollschichten fortgefahren werden. Für abweichende Fälle weitere, von den berührten verschiedene Anordnungen zu treffen, überlassen wir dem Nachdenken aufmerksamer Leser; die Konstruktion der durch Stützpfeiler verstärkten Stützmauern selbst glauben wir etwas näher in's Auge fassen zu müssen. Bei der Bestimmung der Stärke fortlaufender gerader Mauern wird der allgemein übliche Verband dieser Mauern, horizontal durchgeführte Lager- und rechtwinkelig gegen das Mauerhaupt geführte Stoßflächen, angenommen.

Die Schichten einer solchen Mauer widerstehen demnach einer Kraft, welche sie zu verschieben bestrebt ist, nur allein mit dem Gewichte ihrer Masse und mit der weiteren Belastung, welche durch darauf folgende Schichten beim Höherführen der Mauer darauf gebracht wird. Können wir annehmen, daß bei Quadermauern die Kohäsions- und Adhäsionskraft des Mörtels, dem Eigengewicht der damit verbundenen Steine gegenüber, nicht hoch in Anschlag gebracht werden kann, sondern das Gewicht der Steinmasse vielmehr hauptsächlich entscheidet, so würde eine Kraft, welche ein Verschieben der Mauer bewirkt, an der obersten Schicht den geringsten, nur durch das Gewicht der Masse dieser Schicht ausgedrückten Widerstand finden, und der Widerstand der Mauer nach unten im selben Verhältniß zunehmen, wie die Belastung durch die oberen Schichten zunimmt. Dies zugegeben, kann demnach eine Verstärkung fortlaufender gerader Mauern gegen die Wirkung des Verschiebens nur durch eine Vermehrung des Gewichtes der Gesammtmauermasse erreicht werden.

Betrachten wir dagegen eine gerade, aber durch Stützpfeiler verstärkte Stützmauer, so muß sich durch eine entsprechende Konstruktion einer solchen Mauer eine vermehrte Widerstandsfähigkeit erreichen lassen, ohne die Masse vergrößern zu müssen; ja es muß in der Konstruktion des zwischen zwei Stützpfeilern eingeschlossenen Theils der geraden Stützmauer das Mittel gesucht werden, an Mauermasse zu sparen und zugleich die Widerstandsfähigkeit dieser Mauer zu erhöhen. Bei aufmerksamer Betrachtung des in Fig. 117 dargestellten Grundrisses der Mauerschichte nach a—b der in Fig. 114 gegebenen Stützmauer und der beiden Stützpfeiler, und denken wir uns die oberen Schichten weggenommen, sonach die dargestellte Schichte als die letzte, werden wir aus der eingezeichneten Konstruktion der nach außen gerichteten Hälfte der Mauerschichte der Stützmauer erkennen, daß der Widerstand dieser Schichte nicht mehr allein in dem Gewicht der Masse zu suchen ist, sondern daß durch die veränderte centrische Richtung der Stoßfugen bei der äußeren Hälfte der Schichte ein weiterer Widerstand geschaffen wurde, welcher darin besteht, daß die zu diesem Theile der Schichte gehörigen Steine, welche zusammen einen liegenden scheitrechten Bogen bilden, zum Theil zerdrückt werden

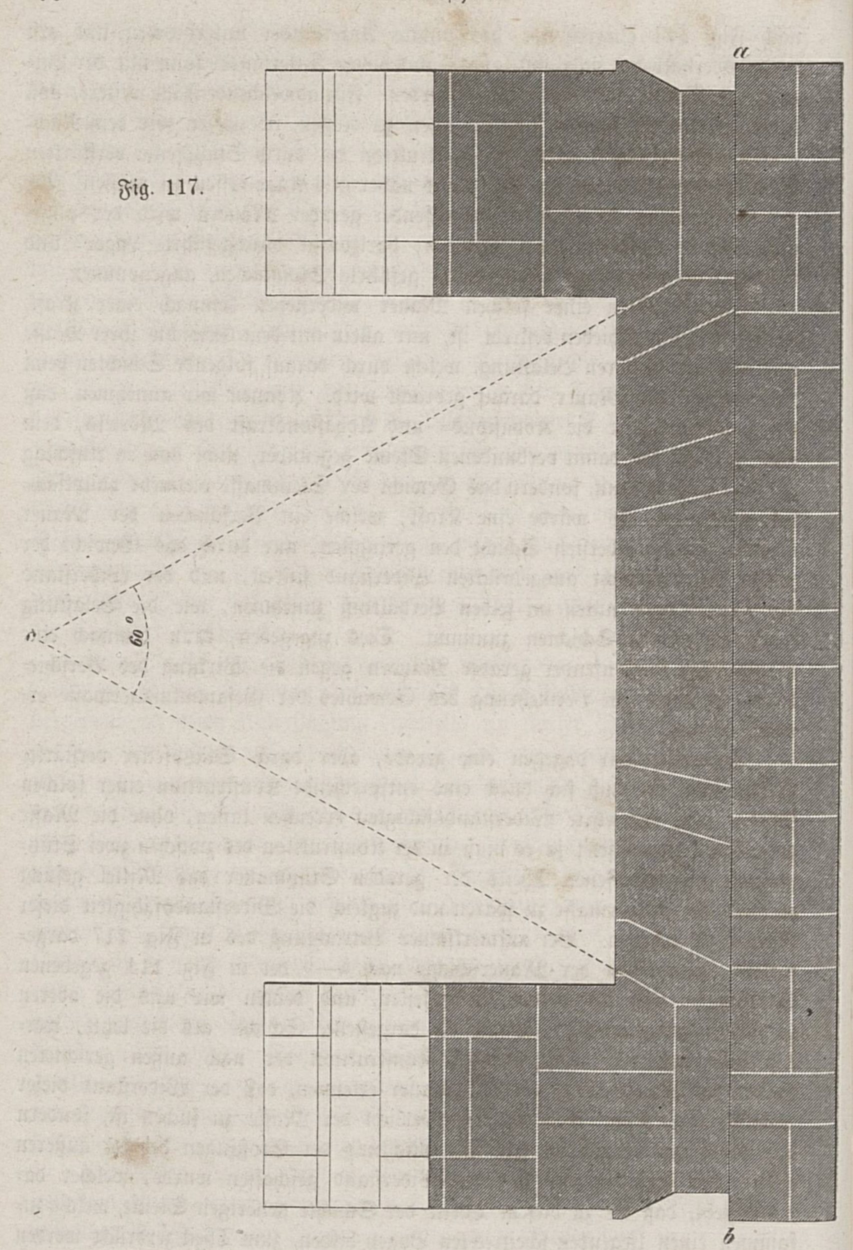


Fig. 117.

müßten, bevor ein Verschieben eintreten könnte. Der auf die äußere Bogenschichte wirkende Schub wird auf deren beide Widerlager, die Stützpfeiler, übertragen, und es werden diese Pfeiler dadurch zu Strebepfeilern. Vergleichen wir die rückwirkende Festigkeit irgend eines Hausteines mit seinem Gewichte, so wird es unschwer zu begreifen sein, daß der Widerstand der nur zur halben Stärke nach a—b Fig. 117 angenommenen Bogenschichte gegen einen Schub ein größerer sein muß als der Widerstand der Mauer in ihrer ganzen Stärke, wenn, bei dem üblichen Verbande, die Stoßfugen aller Steine rechtwinkelig gegen das entsprechende Mauerhaupt gerichtet sind.

Fünfter Abschnitt.

Von den Mauerbogen.

Kommen in einer Mauer Durchbrechungen vor, zu deren Ueberdeckung ein einzelner horizontal über die Maueröffnung gelegter Stein entweder nicht vorhanden ist, oder die nöthige Stärke nicht hat, um die über der Durchbrechung fortgesetzte Mauer oder eine andere Belastung zu tragen, so tritt die Nothwendigkeit ein, die Ueberdeckung der Mauerdurchbrechung aus mehreren Steinen bestehen zu lassen, welche eine solche Lage gegeneinander haben, daß die darauf wirkende Belastung auf die Mauern, welche die Durchbrechung seitlich abschließen, übertragen wird. Man begreift derartige Konstruktionen, welche zur Ueberdeckung von Mauerdurchbrechungen dienen, unter dem Namen der Mauerbogen, zur Unterscheidung ähnlicher Konstruktionen, welche die Decke eines Raumes bilden und Gewölbe genannt werden.

Da die Mauerbogen einen Bestandtheil der Mauern ausmachen, so müssen die Bogensteine mit den Mauersteinen der horizontalen Schichten entweder durch gebrochene Lagerflächen in Verbindung gebracht oder bei ihrem Anschluß an die Mauersteine so geschnitten werden, daß keine spitzen Winkel entstehen. Die Außenseite der Mauerbogen nach unten, welche Leibung des Bogens genannt wird, kann eine ebene oder eine hohlrunde cylindrische Fläche sein; die erzeugenden Linien dieser Flächen werden aber immer horizontal angenommen. Die Richtungslinie der Bogenfläche kann irgend eine regelmäßige krumme Linie sein und stellt den senkrechten Durchschnitt derselben dar.

Ist diese Richtungs- oder Bogenlinie der Halbkreis, so wird der Bogen ein voller Bogen genannt; ist die Bogenlinie eine halbe Ellipse oder eine gedrückte Bogenlinie, deren große Achse horizontal ist, oder ein Kreisbogen, welcher kleiner ist als der Halbkreis, so heißt der Bogen ein gedrückter Bo-

gen, und ein überhöhter Bogen, wenn die senkrechte Achse der Bogenlinie größer ist als die Hälfte der horizontalen Achse.

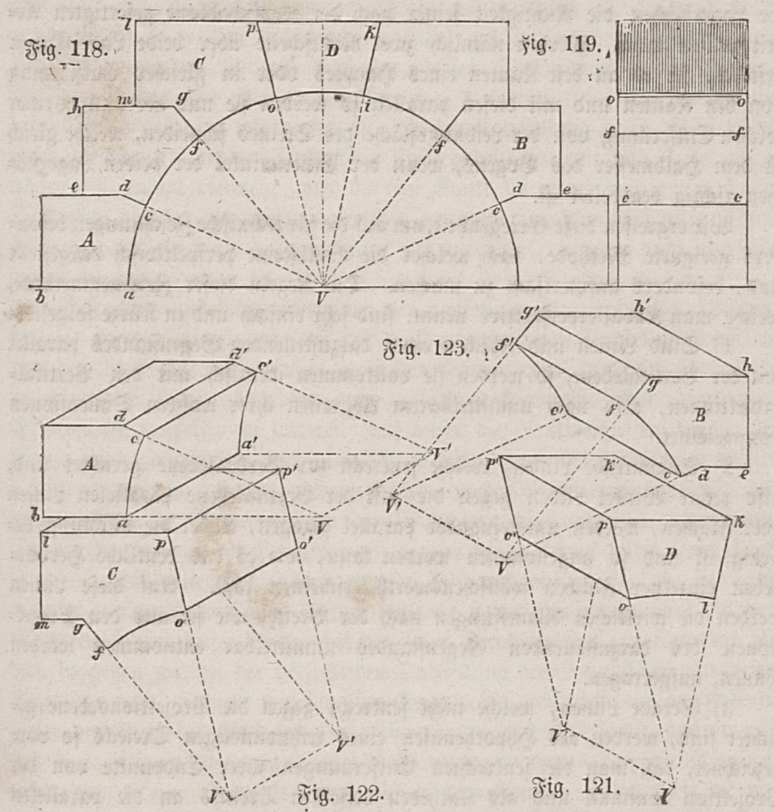
Die Lagerflächen der keilförmigen Wölbsteine müssen ebene Flächen und normal auf die Leibung des Bogens gerichtet sein, mit Ausnahme der scheitrechten Bogen, welchen wir später unsere Aufmerksamkeit zuwenden werden. Ist der Bogen ein Halbkreis oder ein Segment, so werden die senkrecht auf der Cylinderfläche stehenden ebenen Lagerflächen der Wölbsteine, gehörig verlängert, die Achsenlinie des Bogens schneiden.

Wir werden bei unserer Betrachtung der nach krummen Linien gewölbten Mauerbogen die üblichste Wölblinie, den Halbkreis, annehmen, und überlassen es dem Scharfsinne der Leser, die gegebenen Beispiele auf Mauerbogen, welche nach anderen Bogenlinien gewölbt werden, nach den gegebenen Umständen verändert in Anwendung zu bringen.

Der einfachste Mauerbogen entsteht bei der Durchbrechung gerader Mauern von einer gleichen Stärke. Die Fig. 118 stellt einen solchen Mauerbogen in der Ansicht und Fig. 119 denselben Mauerbogen im senkrechten Durchschnitt, welcher durch die Mitte des Schlußsteins geführt ist, dar. Der Bogen besteht aus sieben Wölbsteinen von gleicher Breite an der Bogenleibung und die Schichten der Mauer, an welche sich drei Wölbsteine zu jeder Seite des Schlußsteines mit senkrechten Stoßfugen anschließen, haben eine gleiche Höhe. Die Projektionen der Lagerflächen, welche senkrecht auf der Cylinderfläche stehen, stellen sich in Fig. 118 als gerade Linien dar, welche verlängert sich in dem Mittelpunkte V des Kreisbogens schneiden. In der Seitenansicht Fig. 119 erscheinen die Schnittlinien oder Kanten der Lagerflächen als gerade Linien, welche unter sich und mit der Grundlinie parallel sind. Die Lagerflächen der Wölbsteine zu beiden Seiten des Schlußsteins sind nur so weit senkrecht auf die Bogenleibung geführt, bis sie die horizontale Lagerfläche der in ihrer Richtung befindlichen Mauerschichte schneiden. Von diesen Schnittpunkten an sind die Lagerflächen gebrochen, und, in die Mauerschichte eingreifend, horizontal geführt. Durch diese Anordnung, bei welcher darauf Rücksicht genommen wird, daß die in die horizontalen Mauerschichten übergreifenden Theile der Wölbsteine, welche Haken genannt werden, einer zweckmäßigen Verwechselung der Stoßfugen in dem Verbande der Mauerschichten nicht hinderlich sind, wird einerseits den Uebelständen begegnet, welche die spitzen Winkel bei dem Steinschnitt im Allgemeinen und bei den Mauerbogen insbesondere zu Folge haben, und andererseits wird durch die senkrechte Belastung der im Hakenverbande in die Mauerschichten eingreifenden Wölbsteine der Horizontalschub, welchen diese Steine auf ihre Widerlager äußern würden, wenn sie nicht mit theilweise horizontalen Lagern in die Mauerschichte verbunden wären, aufgehoben. Aus dem zuletzt angeführten Grunde wird die Tragfähigkeit des Mauerbogens dadurch nicht beeinträchtigt, daß die Breite

der Lagerflächen, welche senkrecht auf die Bogenleibung gerichtet sind, vom Schlußsteine abwärts geringer wird.

Der angeführte Hakenverband der Wölbsteine und die durch gleich hohe Mauerschichten bedingte Abnahme der Breite von den normalen Lagerflächen der an der Bogenleibung gleich starken Wölbsteine sind wesentliche Unterscheidungsmerkmale der Mauerbogen von den Gewölben, bei welchen eine Verbindung der Wölbsteine mit Mauerschichten nicht ohne nachtheilige Folgen angebracht werden kann, und bei welchen die Lagerflächen ohne Biegung senk-



recht auf die Bogenleibung durchgeführt werden und vom Schlußsteine abwärts an Breite zunehmen müssen.

Zur Bearbeitung der Wölbsteine, deren Stoß- und Lagerflächen senkrecht auf dem Mauerhaupte stehen, sind nur so viel Kopfschablonen nach dem Musterrisse Fig. 118 herauszutragen, als in dem Mauerbogen Steine von verschiedener Form vorkommen. Wir haben die Steine des Mauerbogens, zu

deren-Bearbeitung die Kopfschablonen herausgetragen werden müssen, mit A,B,C,D bezeichnet; die Steine der anderen Seite des Bogens sind mit den Steinen A,B,C identisch und können nach den entsprechenden Schablonen der ersteren vorgezeichnet und bearbeitet werden.

In den Fig. 120, 121, 122 und 123 sind die mit den nämlichen Buchstaben, wie in dem Musterrisse, bezeichneten Wölbsteine A, B, C, D perspektivisch dargestellt, und es ist bei diesen Darstellungen durch punktirte Linien angedeutet, wie der Steinhauer durch das Auflegen zweier Richtscheite auf die Lagerflächen die Richtigkeit seiner nach der Kopfschablone gefertigten Arbeit prüfen kann. Werden nämlich zwei Richtscheite über beide Lagerflächen geführt, sei es an den Kanten eines Hauptes oder in gleicher Entfernung von den Kanten und mit diesen parallel, so werden sie nur alsdann in einer solchen Entfernung von der Leibungsfläche des Steines schneiden, welche gleich ist dem Halbmesser des Bogens, wenn der Centriwinkel der beiden Lagerflächen richtig bearbeitet ist.

Wir ergreifen diese Gelegenheit, um auf die für technische Zeichnungen besonders geeignete Methode, nach welcher die Wölbsteine perspektivisch dargestellt sind, besonders aufmerksam zu machen. Die Regeln dieser Zeichnenmethode, welche man Kavalierperspektive nennt, sind sehr einfach und in Kürze folgende:

1) Sind Linien und Flächen eines darzustellenden Gegenstandes parallel mit der Vertikalebene, so werden sie vollkommen identisch mit den Vertikalprojektionen, also nach unmittelbarem Abgreifen ihrer wahren Dimensionen vorgezeichnet.

2) Sämmtliche Linien, welche senkrecht zur Vertikalebene gerichtet sind, also rechte Winkel bilden gegen die mit der Vertikalebene parallelen Linien oder Flächen, werden untereinander parallel gezogen, wobei die Richtung beliebig ist und so angenommen werden kann, wie es das deutliche Hervorheben einzelner Flächen wünschenswerth erscheinen läßt. Auf diese Linien werden die wirklichen Abmessungen nach der Breite, wie sie aus den Projektionen des darzustellenden Gegenstandes unmittelbar entnommen werden können, aufgetragen.

3) Gerade Linien, welche nicht senkrecht gegen die Projektionsebene gerichtet sind, werden als Hypothenusen eines rechtwinkeligen Dreiecks so vorgezeichnet, daß man die senkrechten Entfernungen ihrer Endpunkte von der Projektion abnimmt und als Katheden desselben Dreiecks an die parallelen Linien, welche Senkrechte darstellen, anträgt.

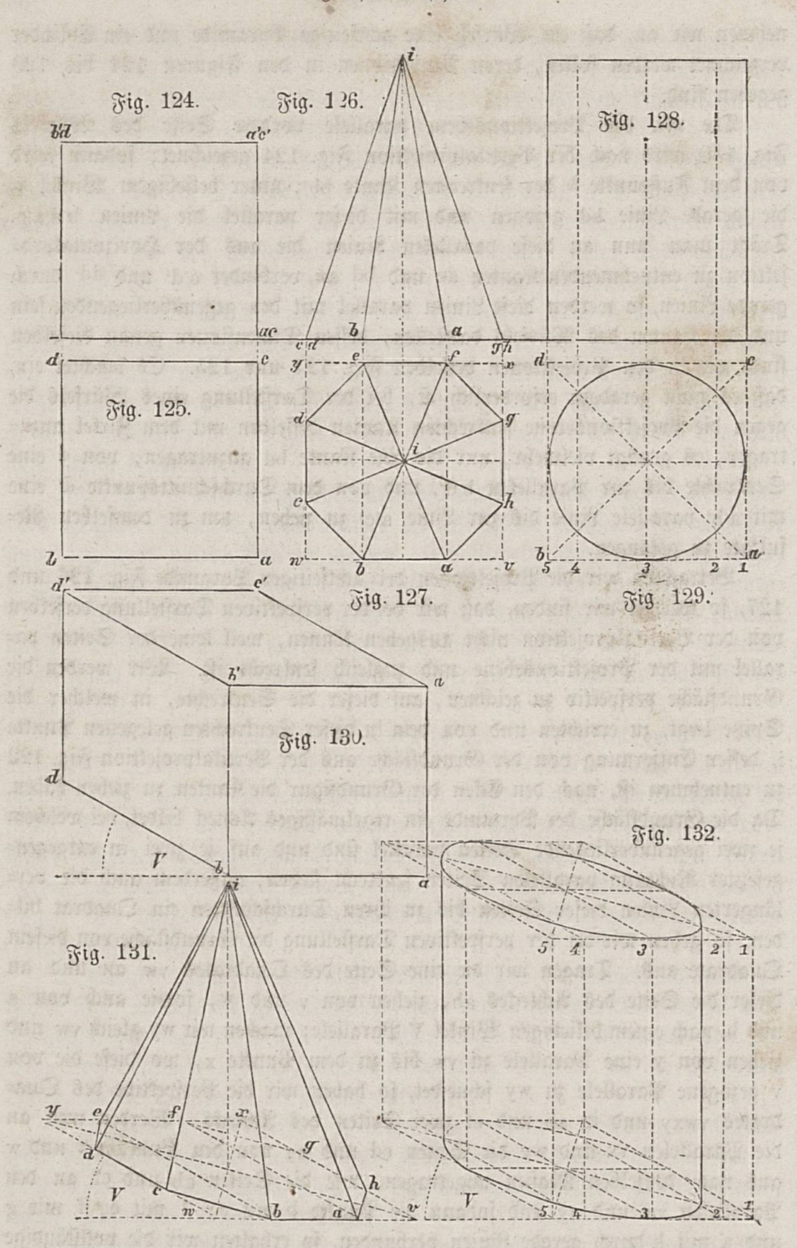
4) Krumme Linien werden so verzeichnet, daß man dieselben durch senkrecht gegen die Vertikalebene gerichtete gerade Linien schneidet und sodann die Entfernung der Schnittpunkte an die untereinander parallelen geraden Linien, welche Senkrechte darstellen, anträgt.

Als Beispiele der Darstellung nach der Methode der Kavalierperspektive

nehmen wir an, daß ein Würfel, eine achtseitige Pyramide und ein Cylinder verzeichnet werden sollen, deren Projektionen in den Figuren 124 bis 129 gegeben sind.

Die mit der Projektionsebene parallele vordere Seite des Würfels Fig. 130 wird nach der Vertikalprojektion Fig. 124 gezeichnet; sodann wird von dem Fußpunkte b der senkrechten Kante bb', unter beliebigem Winkel v, die gerade Linie bd gezogen und mit dieser parallel die Linien b'd'a'c. Trägt man nun an diese parallelen Linien die aus der Horizontalprojektion zu entnehmenden Kanten ac und bd an, verbindet o'd' und dd' durch gerade Linien, so werden diese Linien parallel mit den gegenüberliegenden sein und die Kanten des Würfels darstellen, dessen Dimensionen genau dieselben sind, wie in den Projektionen desselben Fig. 124 und 125. Es leuchtet ein, daß es nicht geradezu erforderlich ist, bei der Darstellung eines Würfels die gegen die Projektionsebene senkrechten Kanten desselben mit dem Zirkel anzutragen, es genügt vielmehr, nur die eine Kante bd anzutragen, von d eine Senkrechte bis zur Parallelen b d', und von dem Durchschnittspunkte d' eine mit a'b' parallele Linie dis zur Linie a'c' zu ziehen, um zu demselben Resultate zu gelangen.

Betrachten wir die Projektionen der achtseitigen Pyramide Fig. 126 und 127, so werden wir finden, daß wir bei der perspektiven Darstellung derselben von der Vertikalprojektion nicht ausgehen können, weil keine der Seiten parallel mit der Projektionsebene und zugleich senkrecht ist. Wir werden die Grundfläche perspektiv zu zeichnen, auf dieser die Senkrechte, in welcher die Spitze liegt, zu errichten und von dem in dieser Senkrechten gelegenen Punkte i, dessen Entfernung von der Grundfläche aus der Vertikalprojektion Fig. 122 zu entnehmen ist, nach den Ecken der Grundfigur die Kanten zu ziehen haben. Da die Grundfläche der Pyramide ein regelmäßiges Achteck bildet, bei welchem je zwei gegenüberliegende Seiten parallel sind und auf je zwei in entgegengesetzter Richtung parallelen Seiten senkrecht stehen, außerdem auch die verlängerten Linien dieser Seiten bis zu ihren Durchschnitten ein Quadrat bilden, so gehen wir bei der perspektiven Darstellung der Grundfläche von diesem Quadrate aus. Tragen wir die eine Seite des Quadrates vw an und an dieser die Seite des Achteckes ab, ziehen von v und w, sowie auch von a und b, nach einem beliebigen Winkel V Parallele; machen wir wy gleich vw und ziehen von y eine Parallele zu vw bis zu dem Punkte x, wo diese die von v gezogene Parallele zu wy schneidet, so haben wir die Perspektive des Quadrates vwxy und in ab und ef zwei Seiten des Achtecks. Werden nun an die Parallelen vx und wy die Seiten cd und hg von den Punkten v und w aus nach denselben Maßen angetragen, wie die Seiten ab und ef an den Parallelen vw und xy und sodann die Punkte b mit c, d mit e, f mit g und a mit h durch gerade Linien verbunden, so erhalten wir die vollständige


Fig. 124.
Fig. 126.
Fig. 128.
Fig. 125.
Fig. 127.
Fig. 129.
Fig. 130.
Fig. 131.
Fig. 132.
b'd'
a'c'
ac
d
c
b
a
i
y
e
f
x
g
h
w
v
1
2
3
4
5
V

Perspektive der achtseitigen Grundfläche der Pyramide und auf dieser Grundfläche ferner den Fußpunkt der Senkrechten, auf welcher die Spitze der Pyramide sich befindet, wenn wir aus den Ecken vwxy des umschließenden Quadrates die Diagonalen ziehen und den Schnittpunkt k dieser Diagonalen bemerken. Errichten wir von k eine Senkrechte, machen diese nach der Projektion Fig. 126 gleich ik und ziehen sodann von dem Punkte i nach den Ecken der bereits perspektivisch dargestellten Grundfläche gerade Linien, so ist die Perspektive der achtseitigen Pyramide Fig. 131 vollendet.

Aus dieser Darstellung können alle wirklichen Dimensionen der in Fig. 126 und 127 gegebenen Projektionen genau und unmittelbar entnommen werden. Es erscheinen aber nur diejenigen Linien in ihrer wahren Länge, welche entweder parallel oder senkrecht zur Vertikalebene sind. Sind gerade Linien unter irgend einem Winkel zur Vertikalebene geneigt, so erscheinen sie in der perspektivischen Darstellung entweder länger, wie bc und df, oder kürzer, wie ah und de der Fig. 131. Es kann aber die wirkliche Länge geneigter Linien ebenfalls aus der perspektivischen Darstellung entnommen werden, wenn wir sie als Hypothenuse rechtwinkeliger Dreiecke annehmen, deren Katheden parallel und senkrecht gegen die Bildfläche gerichtet sind.

Bei der perspektivischen Darstellung des Cylinders Fig. 132, von dem in den Fig. 128 und 129 die Horizontal- und Vertikalprojektionen gegeben sind, haben wir zur Bestimmung einer Anzahl von Punkten, welche in der Peripherie des Kreises liegen, der die Grundfläche des Cylinders in der Horizontalprojektion Fig. 129 darstellt, durch die Tangenten des um den Kreis gelegten Quadrates und durch die Schnittpunkte der Diagonalen dieses Quadrates bestimmt, und von diesen Punkten aus Senkrechte gegen die parallel mit der Bildfläche angenommene Seite ab des Quadrates geführt. Die Fußpunkte dieser Senkrechten, welche wir mit 1, 2, 3, 4 und 5 bezeichnet haben, werden nun von Fig. 129 an die Seite ab Fig. 132 angetragen, von diesen die unter beliebigem Winkel geneigten Parallelen gezogen, an diese die Entfernungen der entsprechenden Schnittpunkte an der Peripherie des Kreises, von Fig. 129 entnommen, angetragen, und die Punkte unter sich durch eine stetige krumme Linie verbunden. Von den in der Peripherie des perspektivisch dargestellten Kreises gelegenen Punkten können nun Senkrechte errichtet und an diese, als Leitlinien der Cylinderoberfläche aus Fig. 128, die Höhen aa', bb' angetragen werden, um daraus die obere Fläche des Cylinders zu erhalten, oder es kann, wie in Fig. 132 punktirt angegeben, der Kreis der oberen Fläche, von der an der Bildfläche gelegenen Linie a'b' aus, welche parallel mit der Grundlinie ab und in der gegebenen Höhe angetragen wird, ganz ebenso verzeichnet werden, wie der Kreis der Grundfläche. Senkrechte Tangentenlinien an die unter sich gleichen Begrenzungslinien der unteren und oberen Fläche gezogen, vollenden die perspektivische Darstellung des Cylinders.

An obigen Beispielen glauben wir die für technische Zeichnungen besonders geeignete Methode der perspektiven Darstellung so genügend erklärt zu haben, daß deren Anwendung dem aufmerksamen Leser keine großen Schwierigkeiten darbieten kann, sofern er mit dem geometrischen Zeichnen vertraut ist. Wir kehren deshalb zur Betrachtung der Mauerbogen zurück.

Nehmen wir an, es sei eine Mauer, deren eine Hauptaußenfläche senkrecht, die zweite Hauptaußenfläche aber zur Horizontal- und Vertikalebene geneigt, nach dieser Seite demnach eine schiefe Böschungsmauer ist, durchbrochen, und es soll diese Mauerdurchbrechung vermittelst eines cylindrischen Mauerbogens überwölbt werden.

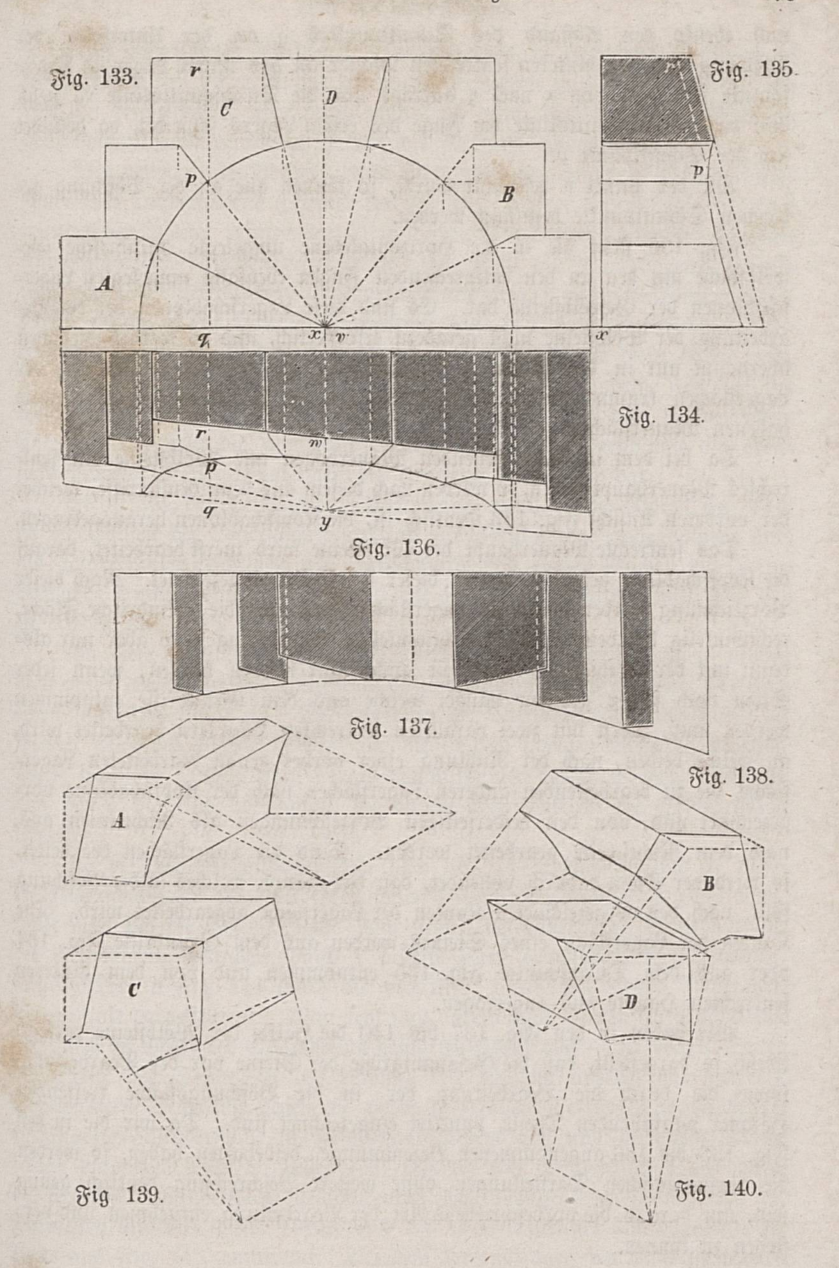
Es sei Fig. 133 die vordere Ansicht, Fig. 134 der Grundriß und Fig. 135 der Querdurchschnitt in der Mitte des Schlußsteins von diesem Mauerbogen. — Außer der vorderen Ansicht Fig. 133 muß die obere Stärke der Mauer nach der Durchschnittslinie in der Mitte des Schlußsteins, die Neigung der parallen oberen und unteren Kante in der Böschungsfläche, sowie der Winkel, unter welchem diese Kanten gegen die hintere senkrechte Mauer geneigt sind, gegeben sein, um daraus den Grundriß Fig. 134 und den Querdurchschnitt Fig. 135 mit den in der geneigten Ebene sichtbaren Fugen vollständig konstruiren zu können.

Ist im Grundriß die obere Mauerstärke vw, sowie die untere Mauerstärke xy, welche aus dem Querdurchschnitte entnommen werden, angetragen, und sind von den Punkten w und y die oberen und unteren parallelen Mauerkanten an der Böschungsfläche gezogen, so bestimmt man zuerst die beiden horizontalen Lagerfugen in der Böschung, indem man die senkrechten Abstände der in dem Querdurchschnitte Fig. 135 liegenden Punkte dieser Fugen von der senkrechten Ebene entnimmt, nach Fig. 134 überträgt, und durch diese Punkte Parallelen mit der oberen und unteren Kante der Böschung führt.

Die in der vorderen Ansicht gegebenen Schnittpunkte von den Kanten der horizontalen Lager und der nach der Achse des Bogens geführten Lager der Wölbsteine werden in dem Grundrisse sowol wie in dem Querdurchschnitte so bestimmt, daß man sich durch diese Punkte senkrechte Ebenen gelegt denkt, deren Durchschnittslinien an der Böschung unter einander und mit der Durchschnittslinie der durch die Mitte des Schlußsteins gelegten Ebene parällel sind.

Nehmen wir an, es sei der Punkt p zu bestimmen, so würde eine durch diesen Punkt gelegte Ebene die Böschung in r an der Oberkante und in a an der Unterkante schneiden, und es würde der Punkt p im Grundriß in dem Durchschnitte dieser Linie mit der ersten horizontalen Lagerfuge liegen.

Derselbe Punkt p wird im Querdurchschnitt bestimmt, indem man den Abstand des Schnittpunktes r an der Oberkante der Böschung von der hinteren senkrechten Mauer an das obere Lager im Querschnitte Fig. 135 von v nach r,


Fig. 133.
r
C
D
p
B
A
q
x
v
Fig. 135
p
x
Fig. 134.
r
m
p
q
y
Fig. 136.
Fig. 137.
Fig. 138.
A
B
C
D
Fig 139.
Fig. 140.

und ebenso den Abstand des Schnittpunktes q an der Unterkante der Böschung von der hinteren senkrechten Mauer an das untere Lager im Querschnitte Fig. 135 von x nach q anträgt und die Durchschnittslinie vq zieht. Wo diese Durchschnittslinie die Fuge des ersten Lagers schneidet, da befindet sich der Schnittpunkt p.

Wie der Punkt p bestimmt wurde, so können alle an der Böschung gelegenen Schnittpunkte bestimmt werden.

Fig. 136 stellt die in die Horizontalebene umgelegte cylindrische Gewölbfläche mit den an den entsprechenden Fugen ebenfalls umgelegten Lagerschablonen der Gewölbsteine dar. Es sind diese Lagerschablonen bei der Bearbeitung der Wölbsteine nicht geradezu erforderlich, und es werden dieselben überhaupt nur in den Fällen herausgetragen, wo bei der Begrenzung der Lagerflächen krumme Linien vorkommen, wie bei hohlrunden oder runderhabenen Mauerflächen.

Da bei dem in Rede stehenden Mauerbogen alle Wölbsteine ein senkrechtes Mauerhaupt haben, so werden nach diesem aus dem Musterrisse, welcher der vorderen Ansicht Fig. 133 identisch ist, die Kopfschablonen herausgetragen.

Das senkrechte Mauerhaupt der Wölbsteine wird zuerst bearbeitet, darauf die Kopfschablone gelegt und nach dieser der Stein vorgezeichnet. Nach dieser Vorzeichnung werden sowol alle Lagerflächen, als auch die cylindrische Fläche, rechtwinkelig bearbeitet. Diese rechtwinkelige Bearbeitung wird aber nur alsdann mit der nöthigen Genauigkeit ausgeführt werden können, wenn jeder Stein nach seiner größten Länge, welche aus dem Grundrisse entnommen werden muß, zuerst mit zwei parallelen senkrechten Häuptern bearbeitet wird, an welche beiden, nach der Richtung einer vorher genau bearbeiteten Lagerfläche, die zu bearbeitenden anderen Lagerflächen nach der Kopfschablone vorgezeichnet und, von den beiderseitigen Vorzeichnungen als Richtlinien aus, nach dem Richtscheite gearbeitet werden. Sind die Lagerflächen bearbeitet, so wird der Stein dadurch vollendet, daß das Haupt, welches in die Böschung fällt, nach den vorgezeichneten Kanten der Lagerfläche abgearbeitet wird. Die Kanten der Lagerfläche eines Steines werden aus dem Grundrisse Fig. 134 oder aus dem Durchschnitte Fig. 135 entnommen und von dem hinteren senkrechten Haupte aus angetragen.

Wir haben in den Fig. 137 bis 140 die Hälfte der Wölbsteine perspektivisch so dargestellt, daß die Gesammtgröße der Steine vor der Bearbeitung, sowie die durch die Bearbeitung der in die Böschungsfläche treffenden Häupter wegfallenden Theile, punktirt eingezeichnet sind. Da wir die in den Fig. 133 bis 136 angenommenen Bezeichnungen beibehalten haben, so werden die perspektivischen Darstellungen ohne weitere Beschreibung deutlich genug sein, um daraus die vorbeschriebene Art der Bearbeitung entnehmen und verstehen zu können.

Den angeführten Beispielen von Mauerbogen noch andere folgen zu lassen, welche bei Mauern mit ebenen Außenflächen vorkommen können, sich von den beschriebenen aber durch nichts als durch eine veränderte Richtung der Wölbeachse unterscheiden, halten wir für nicht gerechtfertigt.

Wir nehmen als Beispiel eines Mauerbogens, dessen Wölbsteine hohlrunde und runderhabene Häupter haben, an, daß der Bogen sich in einer cylindrischen Mauer befinde, welche zu beiden Seiten von senkrechten konzentrisch-cylindrischen Flächen begrenzt ist. Die Achse des Mauerbogens ist senkrecht gegen die Vertikalebene angenommen und normal gegen die konzentrischen Kreise, welche in der Horizontalprojektion Fig. 142 die konzentrischen Cylinderflächen darstellen, so daß sie verlängert den Mittelpunkt dieser Kreise trifft.

Fig. 141 sei die vordere Ansicht, Fig. 142 der Grundriß, Fig. 143 der Querdurchschnitt durch die Mitte des Schlußsteins von dem Mauerbogen. Die Fig. 144 stellt die umgelegte Cylinderfläche des Bogens mit den ebenfalls umgelegten Lagerschablonen der einzelnen Wölbsteine dar.

Es ist klar, daß die Fugen der Wölbsteine, welche in der Ansicht Fig. 141, da die Ebenen der Lagerflächen senkrecht zur Vertikalebene angenommen sind, als gerade Linien erscheinen, als Durchschnitte von ebenen Flächen mit Cylinderflächen krumme Linien sein müssen, wie aus dem Querdurchschnitt Fig. 143 zu ersehen ist.

Um diese gekrümmten Linien im Querdurchschnitte zu verzeichnen, nimmt man außer den beiden Endpunkten einer Fugenlinie in der Ansicht Fig. 141 noch einen mittleren Punkt an. Diese drei an der betreffenden Cylinderfläche der Mauer gelegenen Punkte werden auf die in dem vorigen Beispiele erwähnte Weise bestimmt, indem man sie als Schnittpunkte zweier Ebenen betrachtet, von denen die eine horizontal, die andere aber senkrecht die Cylinderfläche schneidet.

Um die cylindrische Bogenfläche nach Fig. 144 aufzulegen und an dieser die Lagerschablonen mit den gekrümmten Fugenlinien richtig zu verzeichnen, denkt man sich die Cylinderfläche nach hinten verlängert und durch eine mit der Vertikalebene parallele, durch V gelegte Ebene geschnitten, deren Horizontalprojektion in Fig. 144 durch die punktirte, durch den Punkt V geführte Horizontale dargestellt ist. Man legt nun, indem man — von der Schnittlinie der durch die Mitte des Schlußsteins geführten Ebene aus — zu beiden Seiten die Breite der Steine an der Leibung des Bogens anträgt und von den Theilpunkten Senkrechte gegen die durch V geführte Vertikalebene zieht, die verlängerte Cylinderfläche in die Horizontalebene auf, und bestimmt in derselben diejenigen Punkte, welche den entsprechenden Begrenzungen des durch die senkrechte Cylinderfläche geschnittenen Theiles angehören, indem man die senkrechten Abstände dieser Punkte von der durch V gelegten senkrechten Hülfsebene aus Fig. 142 entnimmt. Bei dem Heraustragen der Lagerschablonen

werden die in Fig. 141 angenommenen Punkte zum Verzeichnen der krummen Fugen an den cylindrischen Mauerflächen nach demselben Verfahren bestimmt.

Da bei der Anwendung des Hakenverbandes die Wölbsteine, mit Ausnahme des Schlußsteins, mit gebrochenen Lagerflächen in die horizontalen Schichten der Mauer eingreifen, sonach zugleich Bestandtheile dieser Schichten bilden, so müssen die senkrechten Stoßfugen bei dem Anschluß der Wölbsteine, nach den allgemeinen Anforderungen des Mauerverbandes in Bezug auf die Vermeidung spitzer Winkel, normal zu den senkrechten Cylinderflächen der Mauer geführt werden. Da wir in unserem Beispiele angenommen haben,

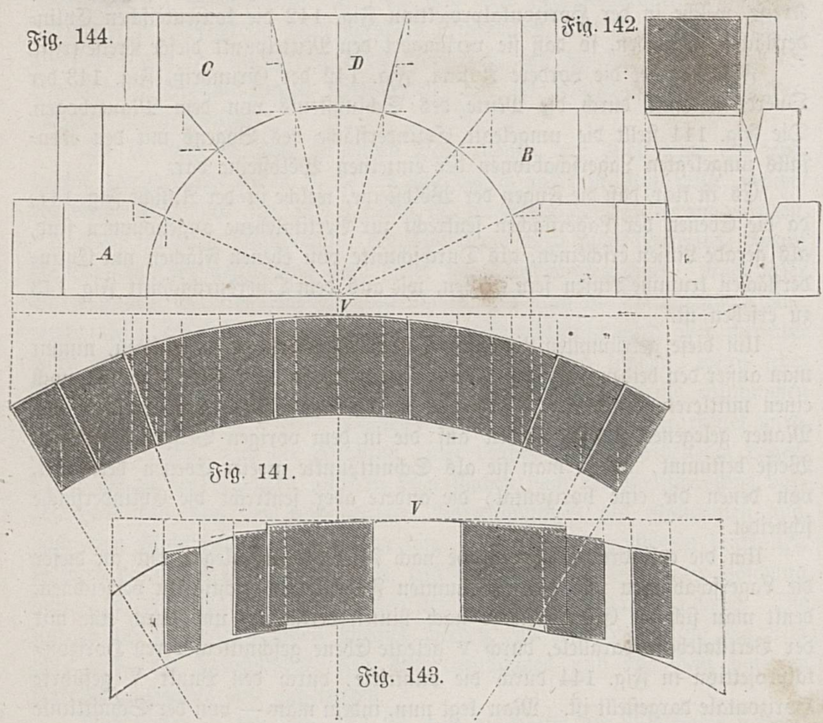


Fig. 141.

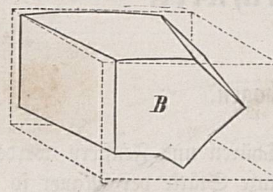
Fig. 143.

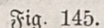
daß die Breite der Mauersteine die ganze Stärke der Mauer ausmache, so sind, dieser Annahme entsprechend, die centrischen Stoßfugen ohne Brechung durchgeführt, so daß in Fig. 142 die geraden Linien, welche die Horizontalprojektion dieser Fugen darstellen, nach den punktirten Linien verlängert, sich in dem Mittelpunkte der konzentrischen Kreise schneiden würden.

Wird die Stärke einer Mauer durch die Breite von zwei oder mehr Steinen gebildet, so können die Stoßfugen der Wölbsteine bei dem Anschluß der Steinreihen für jede Steinreihe besonders in Absätzen gebrochen abgesetzt,

müssen aber dabei an jedem Absatz normal zu den Cylinderflächen der Mauer geführt werden.

Die in den Fig. 145, 146, 147 und 148 perspektivisch dargestellten Wölbsteine von der Hälfte des Mauerbogens sind mit den nämlichen Buchstaben bezeichnet, wie in den vorhergehenden Figuren. Die einzelnen Steine sind so verzeichnet, wie sie der Steinhauer nach den Kopf- und Lagerschablonen bearbeitet, indem er sich nicht der in Fig. 142 punktirt angegebenen, durch V geführten Hülfsebene bedient, vielmehr bei jedem Steine sich zwei Flächen




Fig. 145.

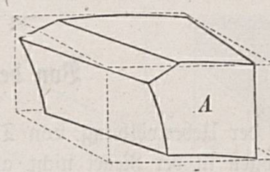


Fig. 146.

eine senkrechte am Steinhaupte und eine horizontale auf dem Steinlager, zuerst bearbeitet, welche er als Hülfsebenen benützt, um die Abstände der Begrenzungspunkte von Steinkanten nach dem Winkel anzutragen, oder die entsprechenden Schablonen aufzulegen, nach denen er die zu bearbeitenden Kanten vorzeichnet.

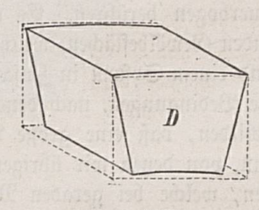


Fig. 147.

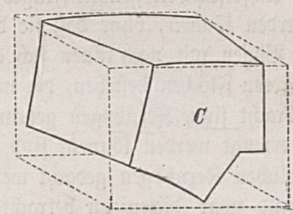


Fig. 148.

Ob er die als Hülfsebenen bearbeiteten Ebenen benützen und als Steinflächen stehen lassen kann, hängt von der Form des zu bearbeitenden Steines ab; wo sich dazu Gelegenheit bietet, wird er mindestens eine der Hülfsebenen so annehmen, daß sie zugleich eine Fläche des Steins bildet, oder daß die Bearbeitung der Hülfsebenen als Vorarbeit benutzt werden kann, wie dies bei Steinen mit vielkantig gebrochenen oder runderhabenen Flächen der Fall ist.

Wir haben, im Sinne des praktischen Steinmetzen, bei der perspektivischen Darstellung der Steine dieselben vor der Bearbeitung als Parallelepipede oder vierseitige Prismen von solcher Größe angenommen, daß die Flächen derselben entweder mit den zu bearbeitenden Steinflächen zusammenfallen oder den Stein an seinen äußersten Kanten schneiden. Nach dieser Annahme verfährt der Steinmetz aus dem Grunde, weil er nur auf diese Weise im Stande

ist, dem rohen Steine die geringsten Dimensionen zu geben, oder Steine von den geringsten Dimensionen zu wählen, welche die Bearbeitung des Steins nach der vorgeschriebenen Form zulassen.

Sechster Abschnitt.

Von den Kernbogen.

Bei der Ueberwölbung von Thoren, Thüren und Fenstern werden die Mauerbogen in der Regel nicht auf die ganze Stärke der Mauer so durchgeführt, daß die Gewölbefläche die Fläche eines Cylinders von gleichem Durchmesser bildet, vielmehr ist die Gewölbefläche nur nach außen von der Mauerfläche bis zum Anschluß der beweglichen Thor=, Thür oder Fensterflügel cylindrisch, während der nach innen befindliche Theil der Gewölbefläche sich von dem bemerkten Anschluß der Flügel nach innen so erweitert, daß die um eine senkrechte Achse sich bewegenden Flügel nach innen unter beliebigem Winkel geöffnet werden können, ohne daß sie den Mauerbogen berühren. Es werden derartige Bogen mit nach innen sich erweiternden Gewölbeflächen, welche meist aus mehreren Flächen bestehen, die nach irgend einem System in Zusammenhang gebracht sind, Kernbogen genannt. Die Bedingungen, nach denen jene Flächen erzeugt werden können, sind so verschieden, daß eine große Anzahl von möglichen Kernbogen gedacht werden kann, von denen wir übrigens nur wenige und zwar diejenigen betrachten wollen, welche bei geraden Mauern um deswillen angewendet zu werden verdienen, weil sie den üblichen Anforderungen vollkommen entsprechen und dabei in der Ausführung keine Schwierigkeiten darbieten.

Fig. 149 stellt die innere Ansicht, Fig. 150 den Grundriß und Fig. 151 den Querschnitt durch die Mitte des Schlußsteins von einem Kernbogen dar, bei welchem folgende Bedingungen gestellt sind, nach denen die nach innen sich erweiternde Gewölbefläche erzeugt werden soll.

Die Gewölbefläche soll sich an die senkrechte Leibung der nach innen stumpfwinkeligen Mauer so anschließen, daß der oberhalb der horizontalen Gewölbeachse befindliche Theil dieser Leibung, welcher Spiegel genannt wird, einen Theil einer Kreisfläche bilde, damit die Form dieses Spiegels genau mit der Gestalt des oberen Theils von dem Flügel übereinstimme, welcher, nach innen geöffnet, sich an die Leibung des Bogens legen soll. Der Durchschnitt

einer durch die Mitte des Schlußsteins gelegten senkrechten Ebene soll eine gerade Linie sein, welche gegen die Horizontalebene unter demselben Winkel geneigt ist, unter welchem die Horizontalprojektionen der Leibungen gegen die Vertikalebene geneigt sind. Ferner sollen die Durchschnitte der nach innen sich erweiternden Gewölbefläche mit senkrechten Ebenen, welche unter sich und mit der Projektionsebene parallel sind, Kreisbogen sein, welche durch je drei Punkte, nämlich die Durchschnittspunkte jener Ebenen mit den kreisförmigen Begrenzungen der beiderseitigen Spiegel der Leibung und der geraden Linie, welche als Scheitellinie der Gewölbefläche angenommen ist, bestimmt werden.

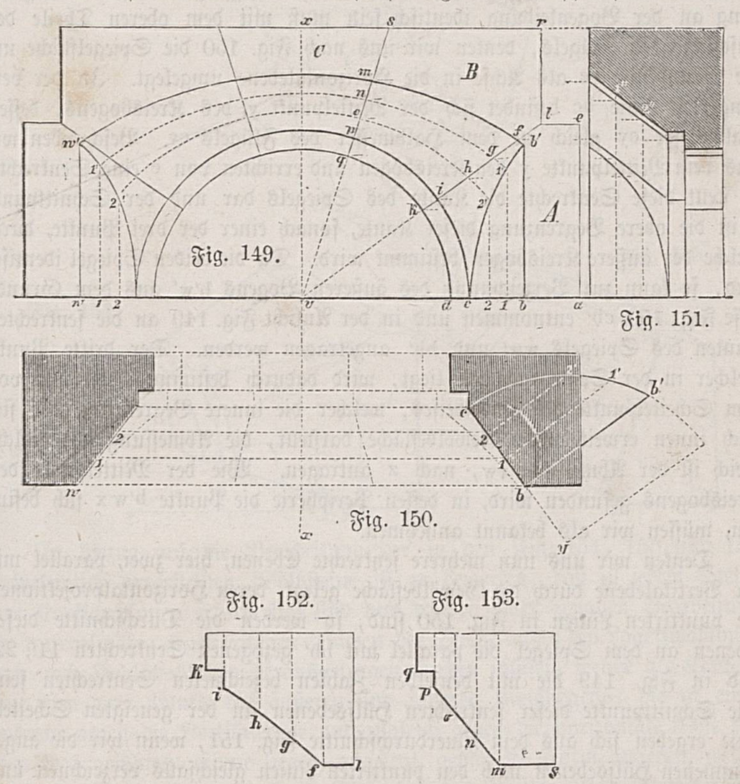


Fig. 149.

Fig. 151.

Fig. 150.

Fig. 152. Fig. 153.

Nach diesen Bedingungen wird die nach innen sich erweiternde Gewölbefläche eine unregelmäßig kegelförmige sein. Fig. 149 stellt die vordere Ansicht, Fig. 150 den Grundriß und Fig. 151 einen senkrechten Querdurchschnitt durch die Mitte des Schlußsteines von diesem, den obigen Bedingungen entsprechenden Kernbogen dar. Fig. 152 und 153 sind die Schablonen der Lagerfläche der Wölbsteine A, B, C, welche in den Figuren 154, 155 und

156 perspektivisch dargestellt und mit denselben Buchstaben wie in Fig. 149 bezeichnet sind.

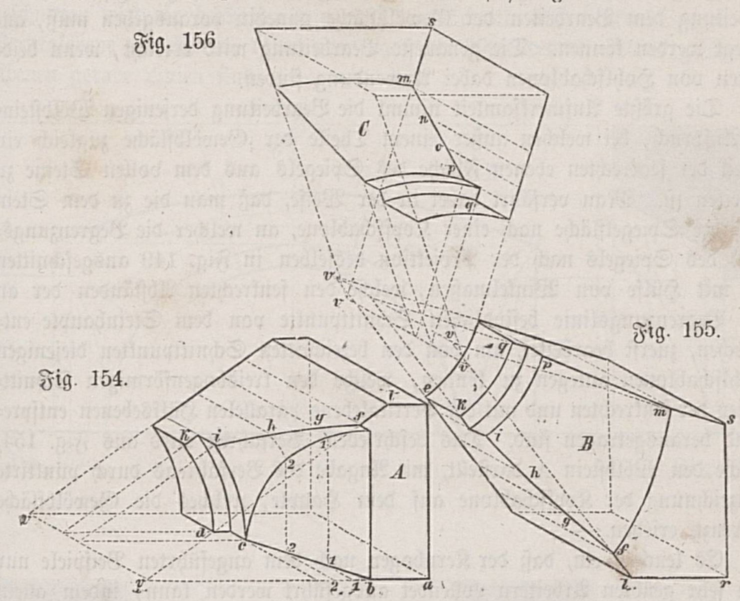
Die Mittelpunkte der Kreisbogen, welche an der kegelförmigen Gewölbefläche als die Durchschnitte senkrechter und mit der Projektionsebene paralleler Ebenen erscheinen, befinden sich in einer durch die Achse des Gewölbes geführten, zur Horizontal- und Vertikalebene senkrechten Ebene, deren Projektion in den Fig. 149 und 150 die punktirte Durchschnittslinie xx darstellt.

Um den Spiegel zu erhalten, welcher dem geöffneten Flügel zum Anschlage dient, und welcher nach den gestellten Bedingungen in seiner Begrenzung an der Bogenleibung identisch sein muß mit dem oberen Theile des anschlagenden Flügels, denken wir uns nach Fig. 150 die Spiegelfläche um die Grundlinie bc als Achse in die Horizontalebene umgelegt. In der verlängerten Linie bc befindet sich der Mittelpunkt y des Kreisbogens, dessen Halbmesser cy gleich ist dem Halbmesser des Flügels cv. Beschreiben wir aus dem Mittelpunkte y den Kreisbogen und errichten von c eine Senkrechte, so stellt diese Senkrechte die Kante des Spiegels dar und der Schnittpunkt q ist die obere Begrenzung dieser Kante, sonach einer der drei Punkte, durch welche der äußere Kreisbogen bestimmt wird. Da die beiden Spiegel identisch sind, so kann zur Verzeichnung des äußeren Bogens b'w' aus dem Grundrisse Fig. 150 cb' entnommen und in der Ansicht Fig. 149 an die senkrechten Kanten des Spiegels ww' und bb' angetragen werden. Der dritte Punkt, welcher in der Senkrechten xx liegt, wird dadurch bestimmt, daß wir von dem Scheitelpunkte des Halbkreises, welcher die innere Begrenzung der sich nach innen erweiternden Gewölbefläche darstellt, die Abmessung bc, welche gleich ist der Abmessung vw, nach z antragen. Wie der Mittelpunkt des Kreisbogens gefunden wird, in dessen Peripherie die Punkte b'wx sich befinden, müssen wir als bekannt annehmen.

Denken wir uns nun mehrere senkrechte Ebenen, hier zwei, parallel mit der Vertikalebene durch die Gewölbefläche gelegt, deren Horizontalprojektionen die punktirten Linien in Fig. 150 sind, so werden die Durchschnitte dieser Ebenen an dem Spiegel die parallel mit bb' gezogenen Senkrechten 11', 22' und in Fig. 149 die mit denselben Zahlen bezeichneten Senkrechten sein. Die Schnittpunkte dieser senkrechten Hülfsebenen an der geneigten Scheitellinie ergeben sich aus dem Querdurchschnitte Fig. 151, wenn wir die angenommenen Hülfsebenen nach den punktirten Linien gleichfalls verzeichnen und deren Durchschnittspunkte 1'' 2'' mit der Scheitellinie entnehmen und in die vordere Ansicht Fig. 149 übertragen.

Daß die nach der horizontalen Achse gerichteten Fugen an der nach außen sich erweiternden Gewölbefläche keine geraden Linien sein können, ist, nach der den gestellten Bedingungen entsprechenden Erzeugung der Gewölbefläche, leicht zu begreifen. Die Krümmung der Fugen wird bestimmt nach

den Punkten, wo in der Ansicht Fig. 149 die kreisförmigen Durchschnitte der parallel mit der Projektionsebene angenommenen Hülfsebenen die geraden Linien schneiden, welche die Projektionen der geneigten Lagerflächen darstellen Wie diese Punkte aus der Vertikalprojektion Fig. 149 in die Horizontalprojektion Fig. 150 übertragen und wie mit Hülfe dieser beiden Projektionen die Lager- und Kopfschablonen herausgetragen werden, bedarf nach den bereits besprochenen Aufgaben keiner weiteren Ausführung.



In Bezug auf die Bearbeitung der in den Fig. 154, 155 und 156 perspektivisch dargestellten Wölbsteine ist zu bemerken, daß zu jedem Steine zwei Kopfschablonen erforderlich sind und daß zu einer genauen Bearbeitung der unregelmäßig kegelförmigen Flächen der Steine außer den Lagerschablonen auch noch Hohlschablonen herausgetragen werden müssen, welche als Kantenlinie über zwei Punkte des äußeren und inneren Kreisbogens, die in einer senkrecht gegen die Vertikalebene und zugleich gegen die horizontale Achse des Gewölbes geführten Ebene liegen, angelegt, genau die Form angeben, welche an dieser Stelle die Fuge eines Steines haben müßte. Das Heraustragen dieser Hohlschablonen wird ebenso vorgenommen, wie das Heraustragen der gekrümmten Fugen der Lagerschablonen. Statt der so eben erwähnten Hohlschablonen, welche an der Gewölbfläche der Steine in der Richtung einer Lagerfuge angelegt werden, kann man sich auch solcher Hohlschablonen bedienen, welche die Schnittlinien der senkrechten und parallel mit der Projektionsebene

geführten Ebenen an der Gewölbfläche darstellen, sonach, aus den entsprechenden Mittelpunkten der zugehörigen Kreisbogen vorgezeichnet und von den auf den Lagerschablonen angegebenen Punkten der Lagerfugen quer über die Wölbfläche angelegt werden. Es verdienen die letztgenannten Hohlschablonen den zuerst erwähnten um deswillen vorgezogen zu werden, weil sie mit mathematischer Genauigkeit unmittelbar an dem Musterrisse entnommen und an eben so genau zu bestimmende Punkte der gekrümmten Lagerfuge, deren Bearbeitung dem Bearbeiten der Gewölbfläche ohnehin vorausgehen muß, angelegt werden können. Die genaueste Bearbeitung wird erreicht, wenn beide Arten von Hohlschablonen dabei Anwendung finden.

Die größte Aufmerksamkeit nimmt die Bearbeitung derjenigen Wölbsteine in Anspruch, bei welchen außer einem Theile der Gewölbfläche zugleich ein Theil der senkrechten ebenen Fläche des Spiegels aus dem vollen Steine zu arbeiten ist. Man verfährt dabei in der Weise, daß man die zu dem Stein gehörige Spiegelfläche nach einer Kopfschablone, an welcher die Begrenzungslinie des Spiegels nach der Projektion desselben in Fig. 149 ausgeschnitten ist, mit Hülfe von Winkelmaßen, welche den senkrechten Abständen der an der Begrenzungslinie befindlichen Schnittpunkte von dem Steinhaupte entsprechen, zuerst bearbeitet, um von den bezeichneten Schnittpunkten diejenigen Hohlschablonen anlegen zu können, welche den kreisbogenförmigen Schnittlinien der senkrechten und mit der Vertikalebene parallelen Hülfsebenen entsprechend herausgetragen sind. Das beschriebene Verfahren wird aus Fig. 154, welche den Wölbstein A darstellt, mit Angabe des Verfahrens durch punktirte Einzeichnung der Kopfschablone auf dem Haupte, welches die Gewölbfläche begrenzt, ersehen. —

Es leuchtet ein, daß der Kernbogen nach dem angeführten Beispiele nur von sehr geübten Arbeitern vollendet ausgeführt werden kann, indem allein schon das Heraustragen der nach der Gewölbfläche annähernd elliptisch gekrümmten Lagerschablonen eine gewisse Geschicklichkeit im freien Handzeichnen erfordert, welche oft sonst sehr geschickten Arbeitern abgeht.

Einen Kernbogen, welcher in der Ausführung weniger Schwierigkeiten darbietet, stellen die Fig. 157 und 159 in seinen verschiedenen Projektionen dar. Fig. 157 ist die vordere Ansicht, Fig. 158 der Grundriß und Fig. 159 der senkrechte Querdurchschnitt durch die Mitte des Schlußsteins von diesem Bogen. —

Der nach der inneren Mauerseite sich erweiternde Theil der Wölbfläche ist bei diesem Bogen, wie folgt, erzeugt. Die Begrenzungslinie der Wölbfläche an dem Anschluß des zu öffnenden Flügels stellt einen Halbkreis und jene an der inneren Mauerfläche einen flachen Kreisbogen dar. Die Mittelpunkte beider Kreisbogen befinden sich in einer auf beiden Projektionsebenen senkrechten Ebene. Der Durchschnitt dieser Ebene mit der Horizontalebene

bildet die Gewölbeachse in welcher die Ebenen der Lagerflächen sämmtlicher Wölbsteine sich schneiden. Denken wir uns nun den in der vorderen Mauerflucht befindlichen flachen Kreisbogen beiderseits verlängert, bis er eine durch die Achse des Gewölbes gelegte horizontale Ebene schneidet, so soll die von dem inneren Halbkreis und dem äußeren flachen Kreisbogen begrenzte Fläche, von welcher die nach der inneren Seite sich erweiternde Wölbfläche des Kernbogens einen Theil bilden soll, der durch die senkrechten Spiegel der Mauer geschnitten wird, so beschaffen sein, daß die Schnitte aller senkrecht gegen die Vertikalebene gerichteten, dabei aber nach der Achse des Gewölbes geführten Ebenen gerade Linien sind.

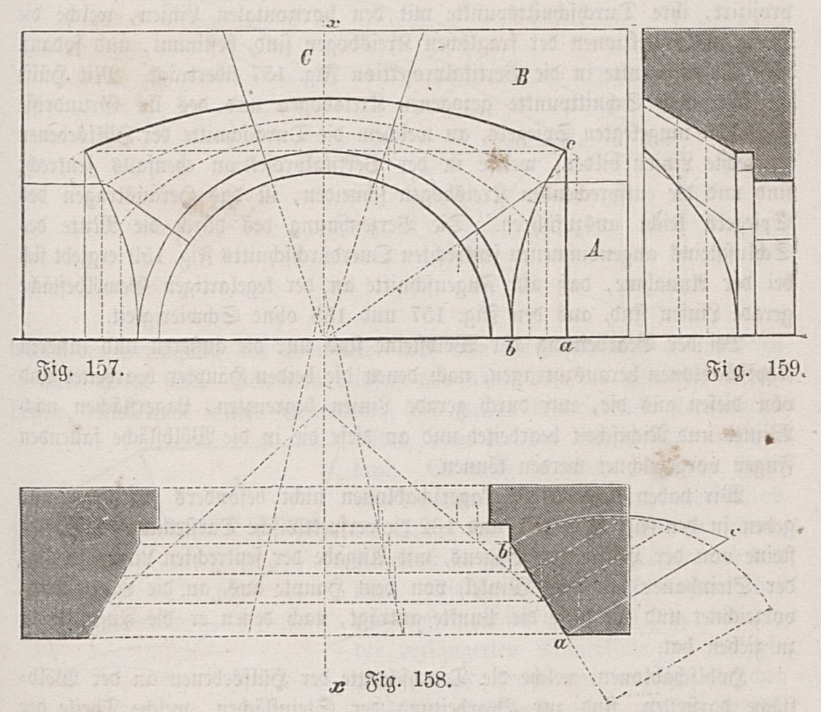


Fig. 157.

Fig. 159.

Fig. 158.

Um den Spiegel, welcher dem geöffneten Thor- oder Thürflügel zum Anschlage dient, zu erhalten, muß man sich die kegelartige Gewölbfläche durch eine senkrechte Ebene in der Richtung zur Achse des Gewölbes geschnitten denken, welche durch die Projektion der nach innen sich erweiternden Leibung der Mauer Fig. 158 gegeben ist. Um den Schnitt dieser senkrechten Ebene zu erhalten, denkt man sich mehrere senkrechte Ebenen parallel mit der Vertikalebene durch die Gewölbfläche gelegt. Wir haben deren zwei angenommen,

deren Horizontalprojektionen in Fig. 158 die punktirt eingezeichneten horizontalen Linien sind. Nun bestimmt man in der Ansicht Fig. 157 die Durchschnitte dieser Hülfsebenen mit der Gewölbefläche nach den ebenfalls punktirt eingezeichneten krummen Linien, welche Kreisbogen darstellen, indem die Gewölbfläche so angenommen ist, daß die Schnitte senkrechter Ebenen sowol an der inneren Mauer als an dem Anschlage des Flügels Kreisbogen sind. Die einzelnen Punkte, über welche die Kreisbogen, welche die Durchschnitte der Hülfsebenen an der Gewölbefläche darstellen, zu ziehen sind, können leicht dadurch gefunden werden, daß man die Fugen der Steine, welche gerade Linien sind, aus der Ansicht Fig. 157 in die Horizontalprojektion Fig. 158 projizirt, ihre Durchschnittspunkte mit den horizontalen Linien, welche die Horizontalprojektionen der fraglichen Kreisbogen sind, bestimmt, und sodann diese Schnittpunkte in die Vertikalprojektion Fig. 157 überträgt. Mit Hülfe der über diese Schnittpunkte gezogenen Kreisbogen und des im Grundrisse Fig. 158 umgelegten Spiegels, an welchem die Durchschnitte der Hülfsebenen senkrechte Linien bilden, welche in der Vertikalprojektion ebenfalls senkrecht sind und die entsprechenden Kreisbogen schneiden, ist das Heraustragen des Spiegels leicht auszuführen. Die Verzeichnung des durch die Mitte des Schlußsteins angenommenen senkrechten Querdurchschnitts Fig. 159 ergiebt sich bei der Annahme, daß alle Fugenschnitte an der kegelartigen Gewölbefläche gerade Linien sind, aus den Fig. 157 und 158 ohne Schwierigkeit.

Bei der Bearbeitung der Wölbsteine sind nur die äußeren und inneren Kopfschablonen herauszutragen, nach denen die beiden Häupter bearbeitet und von diesen aus die, nur durch gerade Linien begrenzten, Lagerflächen nach Winkel und Richtscheit bearbeitet und an diese die in die Wölbfläche fallenden Fugen vorgezeichnet werden können.

Wir haben deshalb die Lagerschablonen nicht besonders gezeichnet und geben in den Fig. 160, 161 und 162 die perspektivische Darstellung der Wölbsteine von der Hälfte des Bogens, mit Angabe der senkrechten Linien, welche der Steinhauer mit dem Winkel, von dem Haupte aus, an die Lagerflächen vorzeichnet und an diese die Punkte anträgt, nach denen er die Fugenlinien zu ziehen hat.

Hohlschablonen, welche die Durchschnitte der Hülfsebenen an der Wölbfläche darstellen, sind zur Bearbeitung der Steinflächen, welche Theile der Wölbfläche bilden sollen, durchaus nicht erforderlich, indem alle Schnitte an diesen Flächen, welche senkrecht gegen die Vertikalebene und zugleich nach der Achse der Wölbung geführt werden, gerade Linien bilden. Wird das Richtscheit über die Bogenlinie des inneren Steinhauptes und die Bogenlinie, welche den Anschlag des Flügels bildet, so geführt, daß es bei der Fortbewegung immer gegen die Achse der Wölbung geneigt ist, so ist die darnach bearbeitete Fläche richtig, wenn das Richtscheit an die Fläche genau anschließt.

Aus dem Angeführten ist zu entnehmen, daß die Ausführung des Kernbogens, dessen sich nach innen erweiternde Wölbfläche durch eine gesetzmäßige Fortbewegung gerader Linien erzeugt wird, mit viel weniger Schwierigkeiten verbunden ist, als die Ausführung des Kernbogens nach den Bedingungen,

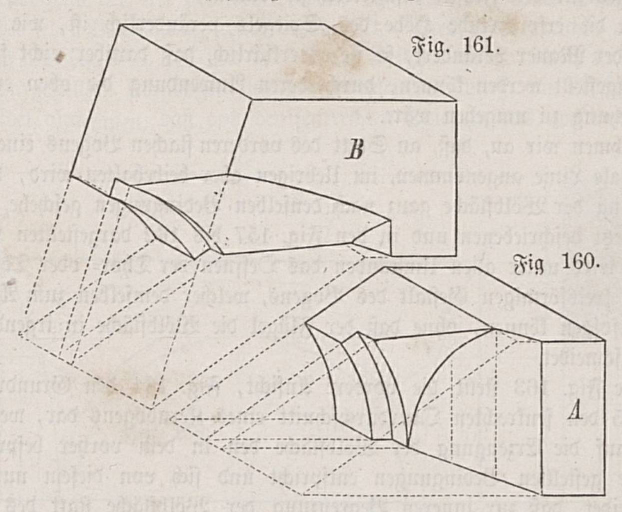


Fig. 161.
Fig 160.

welche der Erzeugung der Wölbfläche nach dem vorhergehenden Beispiele zu Grunde gelegt sind. Bemerken müssen wir aber, daß der gedrückte Kreisbogen, welcher die innere Begrenzung des zuletzt beschriebenen Kernbogens bildet, nicht beliebig angenommen werden kann. Es muß in jedem einzelnen Falle vor der Bearbeitung untersucht werden, ob der Thor= oder Thürflügel bis zu seinem Anschluß an den Spiegel geöffnet werden kann. Die Untersuchung besteht einfach darin, daß man im Grundriß Fig. 158 an der verlängerten Mauerlinie den Mittelpunkt eines Kreisbogen anträgt, welcher denselben Halbmesser hat, wie der zu öffnende Flügel, und von diesem Mittelpunkte aus den Kreisbogen zieht. Befindet sich der Kreisbogen noch innerhalb des umgelegten Spiegels, so kann der Flügel geöffnet werden, ohne an der Wölbfläche zu streifen; geht dagegen der Kreisbogen über die nach außen sich öffnende Kurve der Schmiege hinaus, so steht die Wölbfläche dem Oeffnen des Flügels im Wege. Im letzteren Falle muß

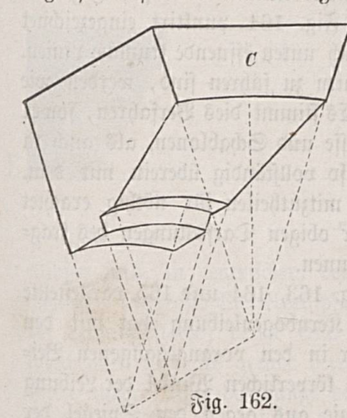


Fig. 162.

der innere gedrückte Kreisbogen um so viel flacher angenommen werden, daß der nach diesem flacheren Bogen herausgetragene Spiegel sich nach oben so erweitert, wie es erforderlich ist, um innerhalb desselben den Kreisbogen des Anschlages für den Flügel beschreiben zu können.

Da die erforderliche Höhe des Spiegels veränderlich ist, wie sich die Stärke der Mauer verändert, so ist es erklärlich, daß darüber nicht feste Regeln aufgestellt werden können, durch deren Anwendung die oben erwähnte Untersuchung zu umgehen wäre.

Nehmen wir an, daß, an Statt des vorderen flachen Bogens eine gerade horizontale Linie angenommen, im Uebrigen aber beibehalten wird, daß die Erzeugung der Wölbfläche ganz nach denselben Bedingungen geschehe, wie bei dem zuletzt beschriebenen und in den Fig. 157 bis 162 dargestellten Kernbogen, so wird unter allen Umständen das Oeffnen der Thor- oder Thürflügel von der kreisförmigen Gestalt des Bogens, welcher demselben zum Anschlage dient, erfolgen können, ohne daß der Flügel die Wölbfläche in irgend einem Punkte schneidet.

Die Fig. 163 stellt die vordere Ansicht, Fig. 164 den Grundriß und Fig. 165 den senkrechten Querdurchschnitt eines Kernbogens dar, welcher in Bezug auf die Erzeugung der Wölbfläche den in dem vorher besprochenen Beispiele gestellten Bedingungen entspricht und sich von diesem nur darin unterscheidet, daß zur inneren Begrenzung der Wölbfläche statt des flachen Bogens eine gerade horizontale Linie angenommen ist. Die zum Heraustragen des Spiegels erforderlichen Durchschnitte der, parallel mit der Vertikalprojektionsebene angenommen, senkrechten Hülfsebenen in der Ansicht Fig. 163, deren Horizontalprojektionen im Grundriß Fig. 164 punktirt eingezeichnet sind, bilden keine Kreisbogen, sondern sich nach unten öffnende krumme Linien. Die Punkte, über welche diese krummen Linien zu führen sind, werden wie in der vorhergehenden Aufgabe bestimmt. Es stimmt dies Verfahren, sowol in Bezug auf das Vorzeichnen der Musterrisse und Schablonen, als auch in Bezug auf die Bearbeitung der Wölbsteine, so vollständig überein mit dem, was wir darüber in dem vorigen Beispiele mitzutheilen für nöthig erachtet haben, daß wir eine weitere Erläuterung der obigen Darstellungen des fraglichen Kernbogens glauben unterlassen zu können.

Der vorher beschriebene und in den Fig. 163, 164 und 165 dargestellte Kernbogen mit horizontalem Abschlusse der Kernbogenleibung hat mit den Kernbogen mit Segmentabschluß, welche wir in den vorangegangenen Beispielen betrachtet haben, das gemein, daß die körperlichen Winkel der Leibung gegen die Mauerflucht, von der Scheitellinie aus gegen den Spiegel der Mauer, immer stumpfer werden, daß sonach im selben Verhältnisse die Leibungsfläche bezüglich deren Beleuchtung gegen die beiderseitigen Spiegel an Schärfe abnimmt. Bildet nun der Kernbogen, mit seiner Leibungsfläche in

die Fronte gewendet einen durch gegliederte oder sonst hervorgehobene Umschließung ausgezeichneten Theil einer Gebäudeansicht, bei welcher auch die übrigen Durchbrechungen horizontal überdeckt sind, so muß die Leibungsfläche des Kernbogens der Art gebildet werden, daß der horizontale Abschluß derselben bei jeder Beleuchtung scharf hervortritt. Dies wird erreicht, wenn wir den nach den Fig. 166, 167 und 168 in der Ansicht, im Grundriß und Durchschnitt dargestellten Kernbogen mit horizontalem Abschluß, die Leibungsfläche so gebildet annehmen, daß von den senkrechten Spiegeln aus, welche Viertels-

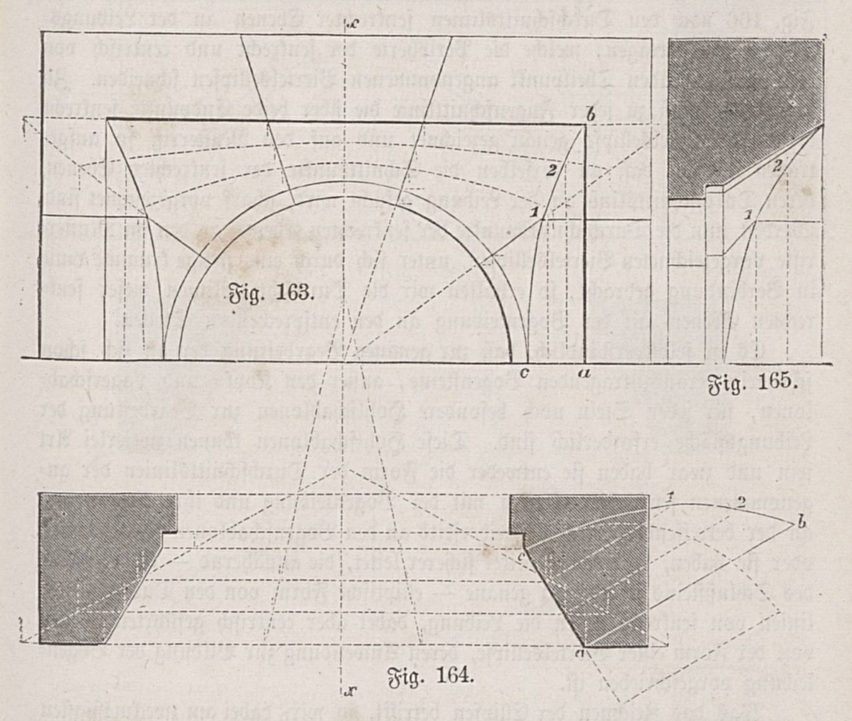


Fig. 163.

Fig. 165.

Fig. 164.

ellipsen sind, in centrischer, den Fugenschnittlinien entsprechender Richtung, ebenfalls senkrechte Viertelsellipsen angenommen werden, als erzeugende Linien der Leibungsfläche, deren eine Achse die Länge der einem Theilpunkte entsprechenden und als gerade betrachteten Fugenschnittlinie im Grundrisse, und deren andere Achse die Länge der die senkrechte Entfernung der beiden Endpunkte der Fugenschnittlinie bezeichnenden Linie im Aufrisse ist. Es werden demnach die Viertelsellipsen, deren Peripherie eine erzeugende Linie der Leibungsfläche darstellen soll, an jedem Theilpunkte senkrecht auf der entsprechenden centrischen Fugenschnittslinie der Leibungsfläche gedacht. Nach dieser An-

nahme würde eine, über die horizontale Begrenzungslinie der Leibung geführte horizontale Ebene gegen die senkrechten Viertelsellipsen, deren Peripherie in der Leibung liegt, eine Tangentialebene sein, und es würde auf diese Weise eine annähernd gleiche Schärfe der Beleuchtung durch die annähernd gleich spitzen körperlichen Winkel der Leibungsfläche gegen die Mauerflucht erreicht.

Die Fugenschnittlinien selbst können keine vollkommenen Viertelsellipsen sein und weichen um so mehr von der Form der Ellipse ab, je mehr sie sich dem Widerlager nähern. Die Lagerschablonen werden an dem Musterrisse Fig. 166 nach den Durchschnittslinien senkrechter Ebenen an der Leibungsfläche herausgetragen, welche die Peripherie der senkrecht und centrisch von dem entsprechenden Theilpunkt angenommenen Viertelsellipsen schneiden. Zu dem Ende muß zu jeder Fugenschnittlinie die über beide Endpunkte senkrecht errichtete Viertelsellipse genau gezeichnet und auf den Musterriß so aufgetragen werden, daß an derselben die Schnittpunkte der senkrechten Ebenen, deren Durchschnittslinie an der Leibung gesucht wird, scharf vorgezeichnet sind. Werden nun die Durchschnittspunkte der senkrechten Ebenen an den im Musterrisse vorgezeichneten Viertelsellipsen, unter sich durch eine stetige krumme Linie in Verbindung gebracht, so erhalten wir die Durchschnittslinien dieser senkrechten Ebenen mit der Bogenleibung an den entsprechenden Stellen.

Es ist selbstverständlich, daß zur genauen Bearbeitung der an sich schon schwierig herauszutragenden Bogensteine, außer den Kopf- und Lagerschablonen, für jeden Stein noch besondere Hohlschablonen zur Bearbeitung der Leibungsfläche erforderlich sind. Diese Hohlschablonen können zweierlei Art sein und zwar haben sie entweder die Form der Durchschnittslinien der angenommenen senkrechten Ebenen mit der Bogenleibung und ihre Anwendung an der betreffenden Stelle ist beiderseits an den Bogenschablonen vorgezeichnet, oder sie haben, was den Arbeiter sicherer leitet, die annähernd — in der Mitte des Schlußsteins sogar ganz genaue — elliptische Form von den Durchschnittslinien von senkrecht gegen die Leibung, dabei aber centrisch geführten Ebenen von der Form einer Viertelsellipse, deren Anwendung zur Bildung der Bogenleibung vorgeschrieben ist.

Was das Zeichnen der Ellipsen betrifft, so wird dabei am zweckmäßigsten die auf dem Werkplatze unter dem Namen der Vermittelung bekannte Methode in Anwendung gebracht, durch welche die Durchschnittspunkte der senkrechten Ebenen genau bezeichnet werden. Bei dieser Methode wird die halbe Ellipse als die Projektion eines an einer geneigten Ebene liegenden Halbkreises angenommen, dessen Durchmesser gleich ist der großen Achse und dessen größte Entfernung von dieser Achse gleich ist der Pfeilhöhe oder kleinen Achse. Nach dieser, in dem Nachfolgenden näher erörtert werdenden Methode sind die in den Fig. 169, 170, 171 und 172 gegebenen Viertelsellipsen konstruirt, welche in dem Musterrisse Fig. 166 vorkommen, und zwar stellt

Fig. 169 die Viertelsellipse des Spiegels, Fig. 170 die Viertelsellipse über der Schnittlinie de Fig. 167, Fig. 171 die Viertelsellipse über der Schnittlinie gh und Fig. 172 die Viertelsellipse über der Scheitellinie kl Fig. 167 und Fig. 168 dar.

Fig. 166. Fig. 167.

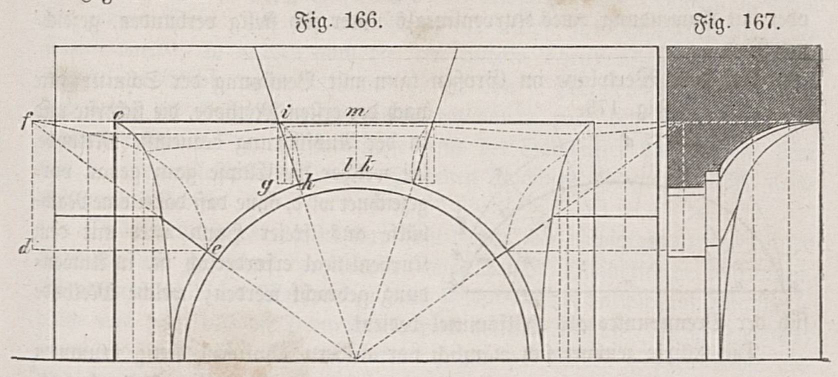


Fig. 168.

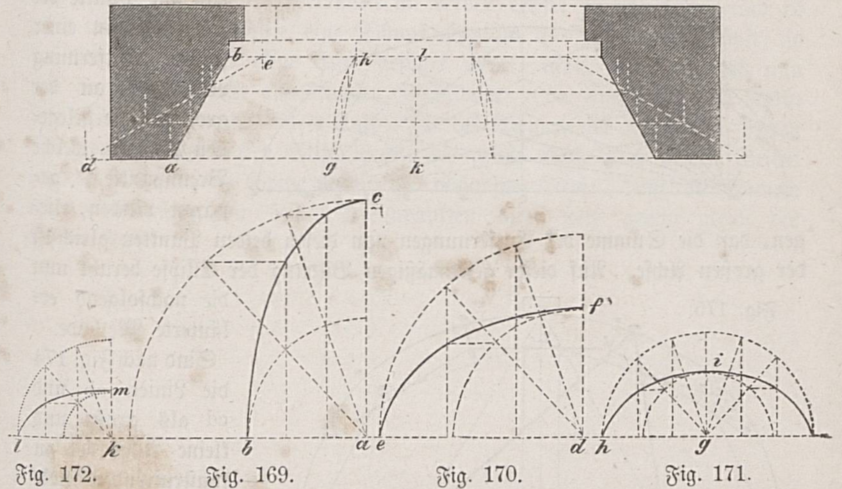


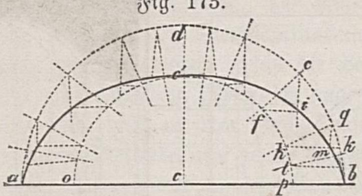
Fig. 172. Fig. 169. Fig. 170. Fig. 171.

Nehmen wir zur Erläuterung der Methode der Vermittelung in Fig. 173 die gerade Linie ab als große Achse an und beschreiben darüber einen Halbkreis, errichten über dem Mittelpunkte c dieses Halbkreises eine Senkrechte cd und tragen an diese in c′ die kleine Achse an, so wird c den senkrechten Abstand angeben, bis zu welchem der größere Halbkreis, um die Grundlinie ab bewegt, geneigt gedacht wird. Nehmen wir nun an dem kleineren Halbkreise beliebige Theilpunkte f, k, l u. s. w. an und ziehen über diese Punkte Radien

bis zu dem größeren Halbkreise, ziehen sodann von den inneren Theilpunkten horizontale und von den äußeren Schnittpunkten der entsprechenden Radien senkrechte Linien, so liegen die Schnittpunkte dieser Linien in der Peripherie der gesuchten Ellipse, welche, wie in Fig. 173 angegeben, aus freier Hand, oder mit Anwendung eines Kurvenlineals unter sich stetig verbunden, gezeichnet wird.

Auf dem Werkplatze im Großen kann mit Benützung der Schnittpunkte nach der ersten Methode, die sicherste und in der Ausführung bequemste Methode, bei welcher die Ellipse ganz genau vorgezeichnet wird, ohne daß dabei eine Nachhülfe aus freier Hand oder mit dem Kurvenlineal erforderlich ist, in Anwendung gebracht werden, welche Methode sich der Brennpunkte als Hülfsmittel bedient.

Fig. 173.



Die Ellipse zeichnet sich nämlich vor andern ähnlichen, stetig krummen Linien dadurch aus, daß alle Punkte der Peripherie in einer solchen Entfernung von zwei an der großen Achse gelegenen Punkten, welche Brennpunkte genannt werden, liegen, daß die Summe der Entfernungen von diesen beiden Punkten gleich ist der großen Achse. Auf dieser gesetzmäßigen Bildung der Ellipse beruht nun die nachfolgend erläuterte Methode.

Fig. 174.

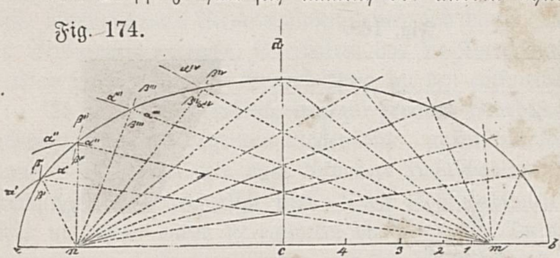
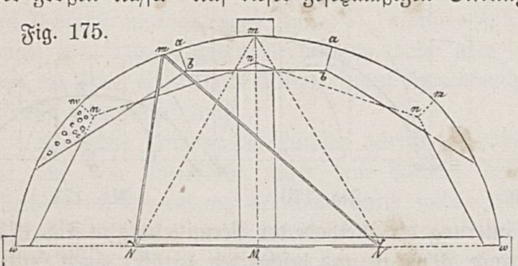


Fig. 175.



Sind nach Fig. 174 die Linien ab und cd als große und kleine Achse der zu konstruirenden halben Ellipse gegeben, so bezeichnet man die Brennpunkte mn, indem man von dem End- oder Scheitelpunkte der kleinen Achse, mit der halben großen Achse als Radius, die große Achse im Kreisbogen schneidet. Nehmen wir die große Achse innerhalb der Brennpunkte beliebig getheilt an, wie in Fig. 174 mit 1 2 3 4 bezeichnet ist, und beschreiben mit dem einen Brennpunkte m einen Kreisbogen mit dem Halbmesser gleich

dem Theile a 1 der großen Achse, und aus dem andern Brennpunkte n einen Kernbogen mit dem Halbmesser gleich dem andern Theile 1 b der großen Achse, so wird der Schnittpunkt beider Kreisbogen in der Peripherie der Ellipse liegen, denn seine Entfernung von den beiden Brennpunkten ist gleich der großen Achse. Wie der eine Punkt der Ellipse für den Theilpunkt 1 bestimmt wurde, so werden auch die den andern Theilpunkten entsprechenden Punkte der Ellipse durch die Schnittpunkte von je zwei Kreisbogen bestimmt, von denen der Halbmesser des einen dem von a nach dem Theilpunkte gelegenen Abschnitte der großen Achse, und der Halbmesser des andern, dem von b nach demselben Theilpunkte gelegenen Abschnitte der großen Achse gleich angenommen wird.

Das Vorhergehende sollte nur dazu dienen, die nachfolgend zu erörternde Methode des Zeichnens der Ellipsen ohne weitere Nachhülfe zu begründen. Es werden bei dieser Methode zu dem Zeichnen einer Ellipse auf dem Werkplatze nach Fig. 175 die Brennpunkte nach der vorerwähnten Weise bezeichnet, indem man von dem Scheitelpunkte m, mit der halben großen Achse als Radius, die große Achse in M und N schneidet. In den Brennpunkten M und N und in dem Scheitelpunkte m werden Stifte eingeschlagen, und es wird um diese drei Stifte eine Schnur gespannt und zusammengeknüpft, so daß sie als Schnur ohne Ende geführt werden kann. Bewegt man nun den im Scheitelpunkte angebrachten Stift, oder etwa einen Bleistift, Rothstift oder Kreide, unter stetem Anspannen der Schnur, um die an den beiden Brennpunkten befestigten Stifte gegen die große Achse nach beiden Seiten hin, so beschreibt die Spitze genau die verlangte Ellipse, denn die Summe ihrer Entfernung von beiden Brennpunkten blieb stets genau gleich der großen Achse.

Siebenter Abschnitt.

Von den scheitrechten Bogen.

Wenn der obere Abschluß einer Mauerdurchbrechung horizontal und eben und dabei aus mehreren Steinen zusammengesetzt ist, von denen nur zwei an den beiden Enden durch die Mauer unterstützt werden, so erhält er, zur Unterscheidung von dem horizontalen Abschluß einer Mauerdurchbrechung, welche nur aus einem einzigen Steine besteht und Sturz genannt wird, den Namen scheitrechter Bogen.

Der scheitrechte Bogen muß wie jeder Mauerbogen aus einer ungeraden Anzahl von Wölbsteinen bestehen, und wegen der Regelmäßigkeit der Abbretung erhalten die Wölbsteine an der horizontalen Leibung des Bogens eine gleiche Breite. Die Anzahl der Wölbsteine richtet sich nach der Breite der Oeffnung zwischen den Pfeilern und nach den Abmessungen der Hausteine, welche zur Herstellung des Bogens zu Gebote stehen.

Nehmen wir an, daß ein scheitrechter Bogen der auf denselben wirkenden Belastung nicht zu widerstehen im Stande sei und von dem Schlußsteine abwärts eingebogen werde, so würden sich die Fugen der beiden Wölbsteine an dem Schlußsteine nach unten, die Fugen der beiden Wölbsteine aber, welche sich an die Widerlager schließen, nach oben öffnen, während die Lager der übrigen Wölbsteine zwischen den Bogenanfängern und auf beiden Seiten des Schlußsteins geschlossen blieben.

Hieraus folgt, daß man zur Sicherung der scheitrechten Bogen die Fugenschnitte von den Widerlagern aus gegen den Schlußstein verlängern muß, und daß man die Bogenanfänger durch horizontale Haken mit den angrenzenden Mauerschichten in Verbindung zu bringen hat.

Die Richtung der Fugenschnitte kann auf sehr verschiedene Weise angeordnet werden.

Bei scheitrechten Bogen von geringer Spannweite und aus einer kleinen Anzahl von Wölbsteinen bestehend, wird allgemein die bei den übrigen Mauerbogen übliche Anordnung der Fugenschnitte beibehalten, nach welcher alle Fugenschnitte nach einem und demselben Punkte gerichtet sind, welcher bei dem scheitrechten Bogen in der durch die Mitte des Bogens geführten Senkrechten gelegen und die Spitze eines über die horizontale Bogenleibung errichteten gleichseitigen Dreiecks ist. Der Centriwinkel des Bogens, welcher nach dieser Anordnung 60 Grade beträgt, kann ohne Beeinträchtigung der Festigkeit nicht kleiner angenommen werden.

Wir geben in den Figuren 176 und 177 zwei Beispiele von scheitrechten Bogen, deren Fugenschnitte nach dem Mittelpunkte eines Bogens von 60 Graden gerichtet sind.

Bei dem Bogen Fig. 176 ist die Höhe des Schlußsteines und der anderen Wölbsteine gleich und — der Höhe von zwei Mauerschichten entsprechend — so angenommen, daß die Leibung des Bogens mit der unteren Lagerfuge der Widerlager in einer Horizontalebene liegt. Die Wölbsteine haben an der Bogenleibung AB eine gleiche Breite und sind zur Vermeidung spitzer Winkel, an der Leibungsfläche sowol als auch an der Lagerfuge der Widerlager, von dieser aus auf die gleiche Breite von 2 bis 3 Zoll senkrecht geschnitten. Von den Punkten a, b, c, d, e und f der rechtwinkelig auf die Bogenleibung geführten Hakenschnitte sind die Fugenschnitte der Wölbsteine auf den Mittelpunkt X eines Bogens von 60 Graden gerichtet und mit Ausnahme der Widerlagerfugen auf die ganze Höhe des Bogens von b nach b', von c nach c' u. s. w. geführt. Die Widerlagerfugen sind nur auf die Höhe einer Mauerschichte von a nach a' sowie von f nach f' geführt und es greifen die Bogenanfänger vermittelst horizontaler Haken von den Schnittpunkten a' und f' in die zweite Mauerschichte über und schließen sich vermittelst senkrechter Stoßfugen dem Verbande dieser Schicht an.

Bei dem Bogen Fig. 177 entspricht die Höhe des Schlußsteins und der zwei anschließenden Wölbsteine der Höhe von drei Mauerschichten und die Bogenanfänger haben nur die Höhe von zwei Mauerschichten. Von den wie in Fig. 176 rechtwinkelig gegen die Bogenleibung angebrachten Schnitten sind die Fugenschnitte der Wölbsteine nach dem Mittelpunkte eines Bogens von 60 Graden, und zwar für die Widerlager von a nach a' und von f nach f' auf die Höhe der ersten Mauerschichte, von b nach b' und von e nach e' auf die Höhe von zwei Mauerschichten, von c nach c' und von d nach d' aber auf die Höhe der drei Mauerschichten geführt.

Wie die Bogenanfänger von den Schnittpunkten a' und f' durch horizontale Haken in die zweite Mauerschichte übergreifen und durch senkrechte Stoßfugen sich dem Mauerverbande anschließen, so ist dies auch bei den nächstfolgenden Wölbsteinen in Bezug auf deren Uebergreifen in die dritte Mauerschichte von den Schnittpunkten b' und e' der Fall.

Es leuchtet ein, daß die Tragfähigkeit des Bogens Fig. 177 gegen die Tragfähigkeit des Bogens Fig. 176 nicht blos durch die größere Höhe des Schlußsteins vermehrt ist, sondern daß daran das Uebergreifen der Wölbsteine in die dritte Mauerschichte vermittest der horizontalen Haken einen wesentlichen Antheil hat. Nehmen wir an, daß bei diesem scheitrechten Bogen dem Schlußstein eine Höhe gegeben würde, welche der Höhe von vier Mauerschichten entspräche, und es würde dieser Schlußstein von den Schnittpunkten c' und d' der centrischen Fugen noch vermittelst horizontaler Haken mit der

Fig. 176. Fig. 177.

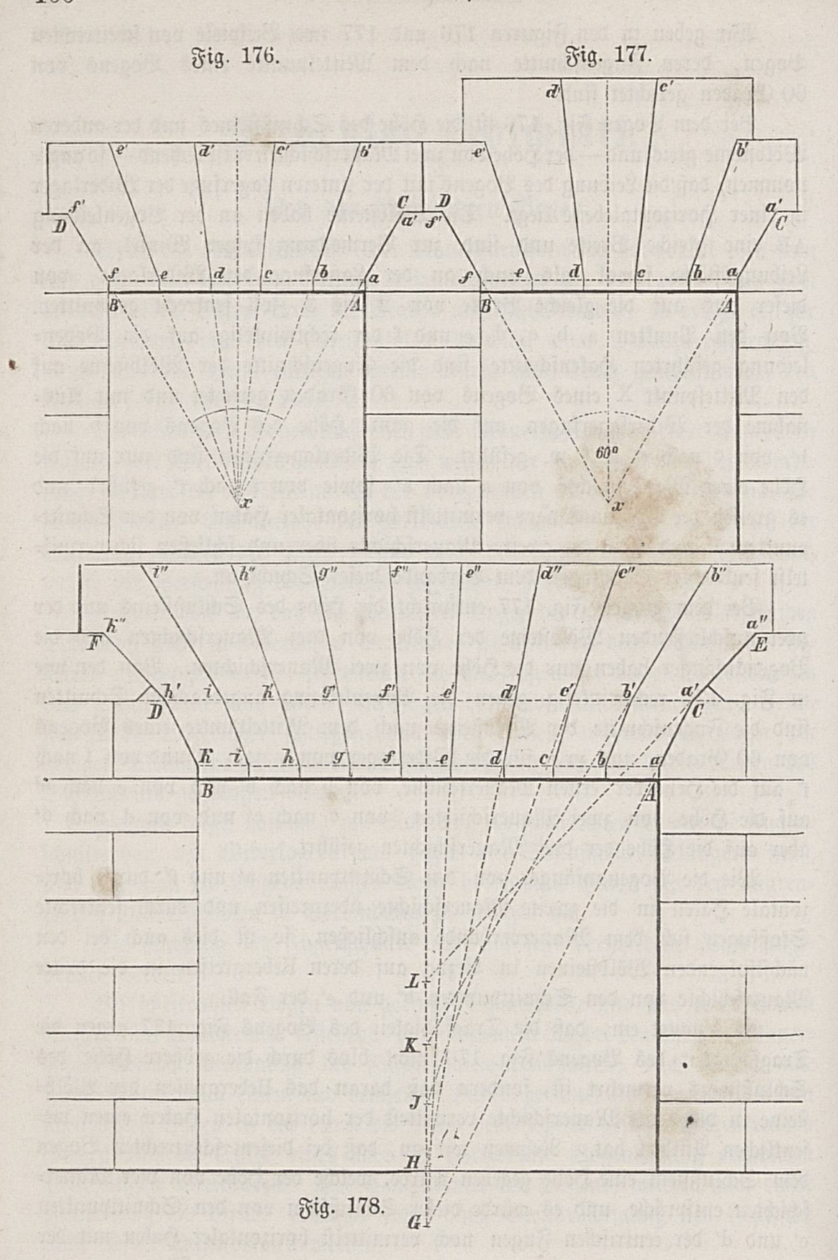


Fig. 178.

vierten Mauerschichte in Verbindung gebracht, so würde dies die vollkommenste Anordnung eines scheitrechten Bogens darstellen, welcher unter den gegebenen Verhältnissen der Spannweite und der Anzahl der Bogensteine gedacht werden kann, indem nach dieser Anordnung weder ein Oeffnen der Fugen, noch ein Abwärtsgleiten der einzelnen Wölbsteine ohne vorheriges Zertrümmern derselben möglich wäre.

Da nun aber bei größeren Spannweiten scheitrechter Bogen den einzelnen Steinen die zu einem vollkommenen Verbande nach der vorgedachten Anordnung erforderliche Höhe selten gegeben werden kann, vielmehr in der Regel die Höhe der Bogensteine eine beschränkte ist, welche bei größerer Anzahl derselben als in dem vorbemerkten Beispiele Fig. 177 oft nur die Höhe von zwei bis drei Mauerschichten beträgt, so sucht man durch andere, den gegebenen Verhältnissen entsprechende Anordnungen die nöthige Festigkeit scheitrechter Bogen zu erlangen.

Wir geben in Fig. 178 ein Beispiel von einem scheitrechten Bogen, welcher bei einer Spannweite von neun gleichbreiten Steinen in der Leibung im Ganzen nur eine Höhe von drei Mauerschichten hat. Bei diesem Bogen sind die Fugen der Wölbsteine von den rechtwinkeligen Schnitten an der Leibung nur auf ein Drittheil seiner Höhe nach einem und demselben Punkte G geführt, von da an aber, nach oben sich erweiternd, nach den höher gelegenen Punkten H, J, K und L nach folgendem Verfahren gezogen.

Nachdem man die Leibung in neun gleiche Theile getheilt und durch die Theilungspunkte a, b, c, d, e, f, g, h, i, k zur Vermeidung der spitzen Winkel an der Leibung der senkrechten Schnitte bis zu der punktirt angegebenen, mit AB parallelen Linie gezogen, so werden von diesen Schnitten bis zu der ebenfalls punktirt eingezeichneten Linie, welche mit AB parallel und in einer Entfernung gezogen worden, welche mindestens der Höhe der ersten Mauerschichte des Widerlagers gleich ist, die Fugen aa', bb', cc', dd', ee', ff', gg', hh', ii, und kk, nach dem gemeinsamen Mittelpunkte G, welcher unter Umständen tiefer als der Mittelpunkt eines Bogens von 60 Graden gelegen sein kann, geführt. Hierauf nimmt man den Punkt L beliebig, und zwar in der Regel um die halbe Spannweite AB des Bogens höher als G gelegen an, von welchem aus die Fugen a'a'' und k'k'' der Wölblager bis zur dritten Mauerschichte gezogen werden. Die Entfernung LG theilt man nun in so viele gleiche Theile — hier vier — als Steine zwischen einem Widerlager und dem Schlußsteine sind, und zieht von k' die Fugen b'b'' und i'i''; von J die Fugen c'c'' und h'h''; von H die Fugen d'd'' und g'g'' und durch G die Fugen e'e'' und f'f'' des Schlußsteins, welche gleichförmig und eben sind und in ihrer Richtung dem gemeinsamen Mittelpunkte des Fugenschnittes von dem unteren Theile des Bogens mit doppelten Fugen entsprechen.

Es sei hier ein- für allemal bemerkt, daß bei allen Bogen, mag die An-

ordnung des Fugenschnittes für die übrigen Wölbsteine gebogene oder gebrochene Fugen vorschreiben, die Fugen der Schlußsteine gleichförmig und eben sein müssen. Denn in der Ausführung wird die Oeffnung, welche nach dem Versetzen der Steine für den Schlußstein frei bleibt, niemals genau der Form entsprechen, welche der Schlußstein nach dem Konstruktions- oder Musterriß haben soll. Man ist deshalb genöthigt, das Maß des Schlußsteins erst genau an Ort und Stelle zu nehmen, wenn die übrigen Bogensteine versetzt sind, und da er genau an seine Stelle passen und zum festen Anschließen aller Bogensteine in die Oeffnung eingetrieben werden muß, so würde ein

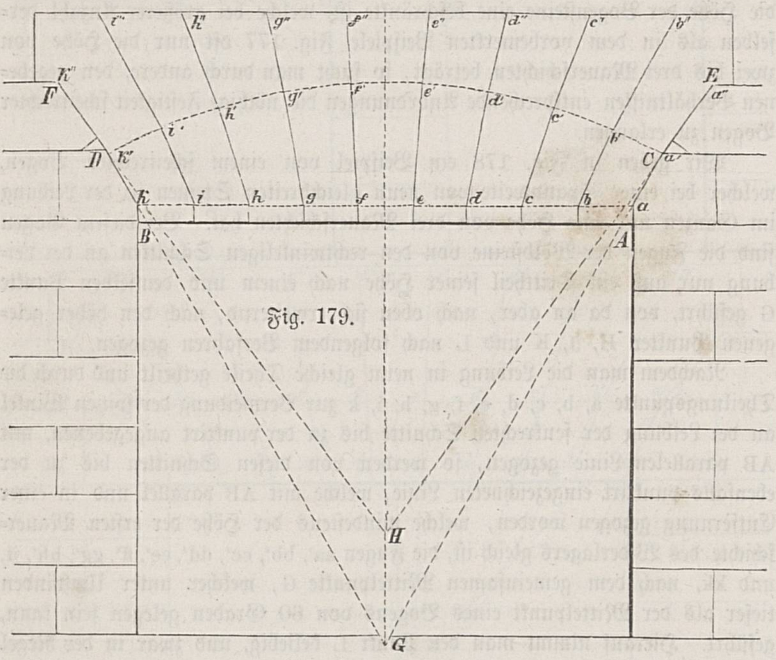


Fig. 179.

genaues Bearbeiten und ebenso ein Eintreiben bis zum festen Anschluß aller Steinfugen des Bogens nicht zu erreichen sein, wenn die Fugen nicht gleichförmig und eben wären.

Damit die in unserem Beispiele Fig. 178 über zwei Mauerschichten geführten gebogenen Fugen der Widerlager aa'a'' und kk'k'' die horizontalen Lagerfugen der zweiten Mauerschicht nicht in spitzen Winkeln schneiden, erhalten die Widerlagersteine dieser beiden Schichten einwärts gerichtete Haken, welche rechtwinkelig auf die oberen Fugenschnitte a'a'' und k'k'' geführt werden. Die Bogenanfänger bilden zugleich Hakensteine.

Dem vorher angeführten Beispiele eines scheitrechten Bogens mit soge-

nannten doppelten Fugen lassen wir in Fig. 179 ein zweites nachfolgen, bei welchem die gebogenen Fugen nur nach zwei verschiedenen Mittelpunkten geführt werden. Bei dem unteren Theil des Bogens werden die Fugen von den rechtwinkeligen Schnitten an der Leibung nach dem Mittelpunkte G eines Bogens von 60 Graden so weit geführt, bis sie ein aus dem Mittelpunkte über die Schnittpunkte k und k' der ersten Mauerschichte mit den Fugen der Widerlager beschriebenes Segment schneiden. Von diesen Schnittpunkten werden nun nach einem beliebig anzunehmenden Punkte H, welcher mindestens um $1/4$ der Bogenweite senkrecht über dem Mittelpunkte G gelegen ist, die Schnittfugen für den oberen Theil des Bogens geführt. Die Fugen der Widerlager sind, wie in dem vorhergehenden Beispiele, nur über die zwei ersten Mauerschichten gezogen und die Bogenanfänger, welche wie die übrigen Bogensteine auf die Höhe von drei Mauerschichten angenommen sind, bilden Hakensteine.

Die in den letztbesprochenen Beispielen angeführte Anordnung von doppelten Fugenschnitten mit Hakenverband bei den Bogenanfängern kann in den Fällen, wo es nicht möglich ist, die Fugen gegen den Schlußstein höher als an den Widerlagern zu führen, keine Anwendung finden.

Wir geben in Fig. 180 und 181 zwei Beispiele von scheitrechten Bogen, deren Wölbsteine eine gleiche Höhe haben, bei welchen an die Stelle des Höherführens der Fugen, gegen den Schlußstein hin, die Festigkeit der Bogen durch ein Ineinandergreifen der Wölbsteine der Art gewahrt ist, daß jeder einzelne Stein außer seinem Anschluß, vermittelst der nach einer und derselben Achse geführten Lagerfugen, auf dem vorher versetzten Steine eine horizontale Auflage erhält.

Es ist angenommen, daß die Entfernung zwischen der Bogenleibung AB und der Parallelen dd die größte Höhe sei, welche den Bogen gegeben werden kann.

Fig. 180 stellt die Anordnung eines Fugenschnittes aus ineinandergreifenden Steinen dar, welche man mit dem Namen der Bogenkonstruktion mit Verkröpfungen bezeichnet. Man zieht, nachdem die rechtwinkeligen Schnitte der Wölbsteine an der Bogenleibung vorgezeichnet sind, in gleicher Entfernung von AB und dd eine Horizontale, und führt bis zu dieser, von der Spitze C eines über AB errichteten gleichseitigen Dreiecks aus, über die Oberkanten der winkelrechten Fugenschnitte die centrischen Fugen, wobei man an der Oberkante dd die Punkte bezeichnet, wo diese verlängert dieselben schneiden. Hierauf trägt man auf die horizontale Mittellinie, von den Schnittpunkten der centrischen Fugen, und zwar vom Schlußsteine abwärts gegen die beiden Widerlager in gleichen Abmessungen, welche höchstens den achten Theil der Bogenhöhe betragen, weitere Schnittpunkte an, von denen aus die zweiten Fugen bis zur Oberkante dd, und zwar ebenfalls von dem Punkte

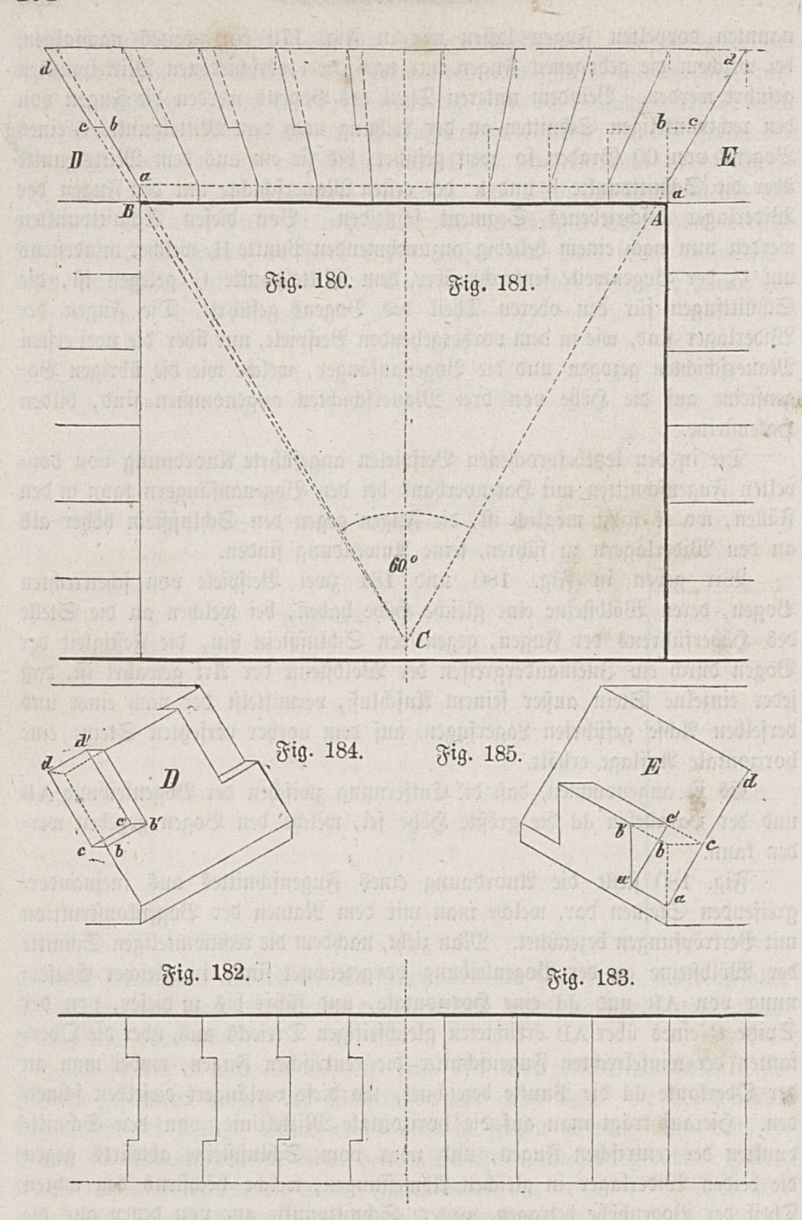


Fig. 180. Fig. 181.

Fig. 184. Fig. 185.

Fig. 182. Fig. 183.

C aus, gezogen werden. Nach den außen sichtbaren verkröpften Fugen werden die Bogensteine sowie die Widerlager von den beiden Häuptern des Bogens aus bis auf den vierten Theil der Breite der Bogensteine bearbeitet, während im Inneren diese Steine auf die Hälfte ihrer Breite, und zwar ohne die äußere Verkröpfung, nach der Richtung der über die oberen Schnittpunkte der rechtwinkelig gegen die Leibung angebrachten Schnitte geführten Fugen, auf ihre ganze Höhe bearbeitet werden.

Aus dem Grundrisse Fig. 182 und dem perspektivisch dargestellten Widerlager Fig. 184 wird diese Bogenkonstruktion mit Verkröpfungen mit genügender Deutlichkeit zu ersehen sein.

Fig. 181 stellt die Anordnung eines Fugenschnittes für einen scheitrechten Bogen von denselben Dimensionen wie in dem vorherbesprochenen Beispiele dar, bei welchem die Fugen außen ohne Verkröpfung nach dem Punkte C geführt sind, nach Innen aber ist eine Zusammensetzung der Bogensteine mit Spunten und Zapfen angebracht. Die Spunten und Zapfen, welche von der Bogenleibung senkrecht bis zur halben Bogenhöhe und von da horizontal bis zu den centrischen Fugen geführt werden, machen, wie die Verkröpfungen im vorher besprochenen Beispiele, die halbe Mauerdicke aus. Das in Fig. 185 perspektivisch dargestellte Widerlager zeigt den angearbeiteten Zapfen dieses Steines, zu welchem in das anschließende Lager des Bogenanfängers die entsprechende Nuth ausgearbeitet werden muß. Auf der dem Schlusse zugewendeten Lagerseite des Anfängers befindet sich der Zapfen, auf welchem der nächstfolgende Bogenstein vermittelst der entsprechenden Nuth ruht, und ebenso werden die darauf folgenden Steine durch Zapfen und Nuthe untereinander verbunden, mit Ausnahme des Schlußsteins, welcher gleichförmige und ebene Lagerfugen erhält. Wie aus dem Grundrisse Fig. 183 zu ersehen, erscheinen die rechtwinkeligen Fugenschnitte wie an den Häuptern ohne Verkröpfungen, und es ist die innere Zusammensetzung durch Zapfen und Nuthe an keiner der Außenseiten zu bemerken.

Nachdem wir für die Anordnung der Fugenschnitte scheitrechter Bogen die üblichen Verfahrungsarten mitgetheilt haben, erscheint es uns überflüssig in Bezug auf die verschiedenen Mauern, bei welchen scheitrechte Bogen vorkommen können, noch besondere Beispiele den bereits in dem Abschnitte „über die Mauerbogen“ zur Sprache gebrachten hinzuzufügen, indem das Heraustragen der Schablonen, sowie die hiernach vorzunehmende Bearbeitung der Steine, bei den scheitrechten Bogen weniger Schwierigkeit darbietet, als dies bei den übrigen Mauerbogen der Fall ist.

Wir beschränken uns darauf, in den Fig. 186 bis 189 einen scheitrechten Bogen über einer Thür- oder Fensteröffnung zu geben, bei welchem die rechtwinkelige Leibung ab gegen das äußere Mauerhaupt, nach innen ein Anschlag bc mit dem Falze cd, und das nach innen erweiterte Geläufe de, wie dies

an den Pfeilern im Grundrisse Fig. 187 angegeben, auch an den Bogensteinen fortgeführt sind, so daß der senkrechte Schnitt des Bogens genau dem horizontalen Schnitte der Pfeiler entspricht.

Die Fugen der Bogensteine sind von der Leibung auf die Breite des Anschlags bc im rechten Winkel und von da nach dem gemeinsamen Mittelpunkte x eines Bogens von 60· Graden geführt. Zur Bearbeitung der Steine ist nur das Heraustragen der Stirnschablonen nach dem Musterrisse

Fig. 186.

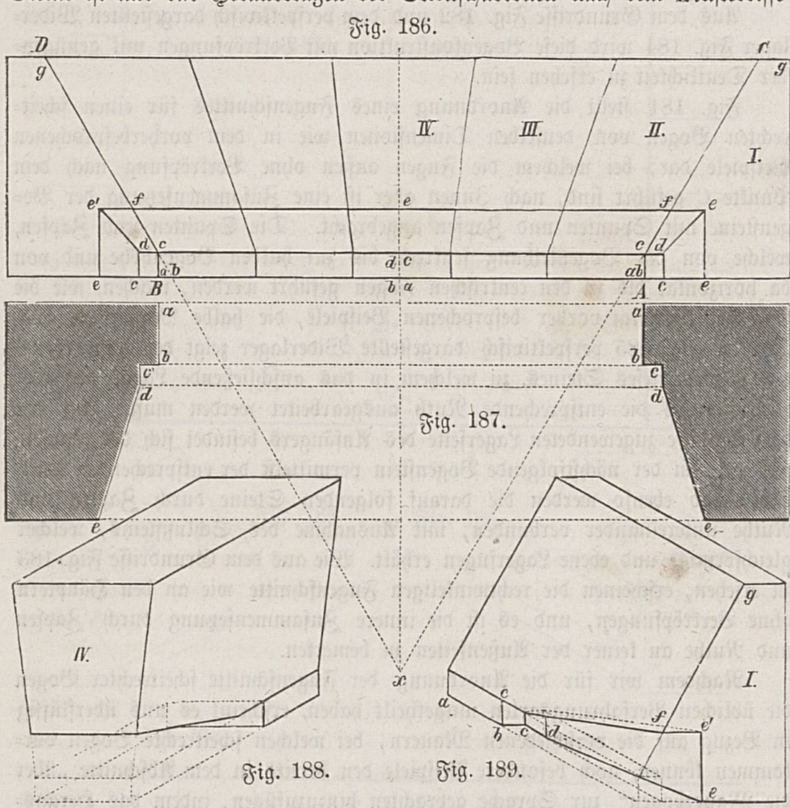


Fig. 187.

Fig. 188. Fig. 189.

Fig. 186 erforderlich, nach welchem die Lagerfugen bearbeitet und an diese sodann die Schnittlinien für die weitere Bearbeitung der unteren Flächen, welche das Geläufe, den Falz und den Anschlag bilden, vorgerissen werden. Wir haben in Fig. 188 den Schlußstein IV. und in Fig. 189 den Anfänger I. des Bogens in perspektivischer Zeichnung dargestellt und dabei diejenigen Theile, welche bei der ersten Bearbeitung stehen bleiben und erst durch die zweite Bearbeitung entfernt werden, punktirt angegeben.

Achter Abschnitt.

Von den Nischenbogen und Trompen.

Kommen in irgend einer Mauer Ausschnitte im Halbkreis oder nach einer beliebigen krummen Linie im Grundriß gebildet vor, welche oberhalb durch einen sphärischen oder sphäroidischen Bogen abgeschlossen werden, so begreift man sowol die Ausschnitte der Mauer im Ganzen, als auch die zur Ueberdeckung der Ausschnitte in Anwendung kommenden Mauerbogen für sich unter dem Namen Nische. Da nun aber auch durch cylindrische Mauern begrenzte Ausbauten vorkommen, welche, durch sphärische, sphäroidische oder ellipsoidische Halbgewölbe oberhalb abgeschlossen, ebenfalls Nischen genannt werden, so halten wir es zur Unterscheidung für zweckmäßig, die sphärischen Abschlüsse von Mauerausschnitten als Nischenbogen zu bezeichnen.

Das Nischengewölbe besteht aus horizontalen Schichten; der Nischenbogen dagegen muß zur Erhaltung seiner Festigkeit aus geneigten Schichten bestehen, deren Fugen sich in einem gemeinsamen Mittelpunkte schneiden. Die Wölbfläche eines Nischenbogens wird dadurch entstanden gedacht, daß die halbe Fläche des Mauerausschnittes in der Horizontalebene des Bogenanfängers um die Halbirungslinie der Fläche als Drehachse im Halbkreis bewegt wird. Dieser Annahme entsprechend, werden die Schnitte senkrechter und zugleich rechtwinkelig gegen die Achse geführt werdender Ebenen an der Wölbfläche der Bogen Halbkreise bilden, mag der Mauerausschnitt in horizontaler Richtung aus einem Kreisbogen, einer Ellipse oder irgend einer anderen krummen Linie bestehen.

Nehmen wir nach Fig. 192, welche den Grundriß einer geraden Mauer darstellt, an, daß der halbkreisförmige Mauerausschnitt ABC mit einem Bogen überdeckt werde, dessen Wölbfläche aus der halbkreisförmigen Bewegung der halben Schnittlänge BCD um die horizontale Achse CD gebildet sei. Theilt man nun den Kreisbogen Fig. 190, welcher die Vertikalprojektion des kugelförmigen Bogens darstellt, in die gleich großen Theile BE, EF, FG, GH und HA und zieht von diesen Theilungspunkten gerade Linien nach dessen Mittelpunkt D, so stellen diese Linien die Fugenschnitte der Gewölbsteine dar. Da nun aber die Fugenschnitte, bis zu dem Mittelpunkte D verlängert, spitze Winkel bilden würden, so stumpft man die Steine in der Nähe des Mittelpunktes nach einem Vertikalkreise ab, dessen Halbmesser Da mindestens die

Hälfte der Steinbreite BE an dem Nischenbogen beträgt. Der durch diese Abstumpfung entstehende cylindrische Raum wird durch einen Stein ausgefüllt, welcher das Auge des Nischenbogens genannt wird. Durch die Verlängerung der über die Theilungspunkte E, F, G und H geführten Fugen, bis zu den horizontalen Fugen der anschließenden Mauerschichten, wird der Musterriß Fig. 190 vollendet. Dabei können die von den Schnittpunkten I und M senkrecht geschnittenen Wölbsteine auch als Hakensteine gebildet werden.

Es leuchtet ein, daß die Schablonen, welche zur Verzeichnung der Kanten der Steine an der Wölbfläche dienen, unter sich gleich und Theile des im Grundrisse für den Mauerausschnitt angenommenen Kreisbogens ABC sind.

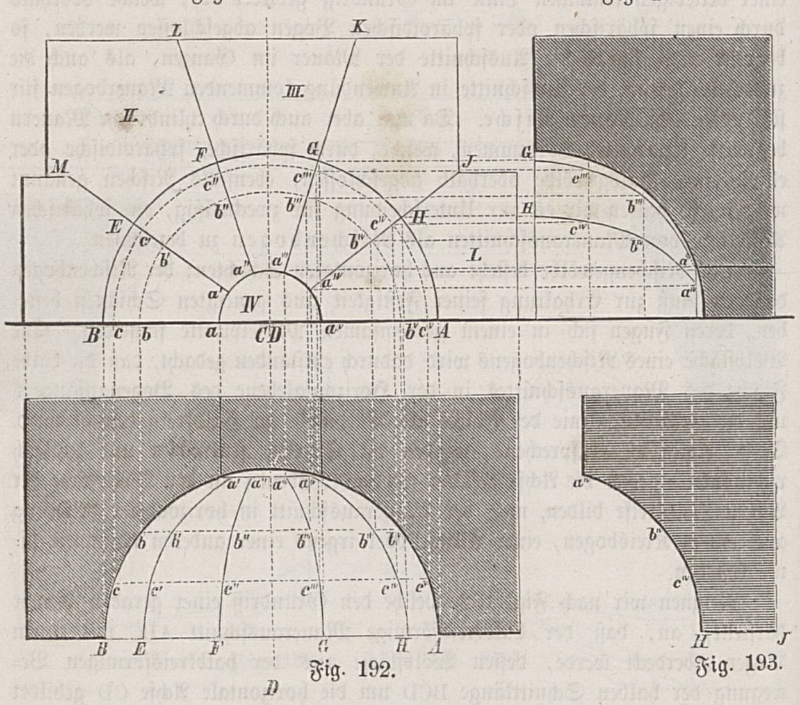


Fig. 190. Fig. 191.

Fig. 192. Fig. 193.

Es können sonach an den sämmtlichen, nach ihren entsprechenden Kopfschablonen, welche von dem Musterrisse Fig. 190 herausgetragen werden, bearbeiteten Wölbsteinen die Kanten der Bogenflächen nach einer und derselben Schablone, welche in Fig. 193 für die Lagerfuge des Bogenanfängers gegeben ist, vorgezeichnet werden.

Denken wir uns den Nischenbogen durch senkrechte und parallel mit der Mauerlinie AB im Grundriß Fig. 192 geführte Ebenen geschnitten, so werden

die Durchschnittslinien dieser Ebenen an der Wölbfläche Fig. 190 ebenfalls Kreisbogen sein. Wie aus den Schnittpunkten dieser senkrechten Ebenen mit den Lagerfugen im Aufriß Fig. 190 die Fugenschnitte im Grundrisse Fig. 178 und im senkrechten Durchschnitte des Nischenbogens Fig. 191 verzeichnet werden, wird aus den Zeichnungen ohne weitere Erklärung ersichtlich sein, außerdem aber dienen die Schnittlinien der angenommenen senkrechten Hülfsebenen dazu, um nach den an den Lagerschablonen verzeichneten Schnittpunkten derselben, bei der Bearbeitung des den Bogensteinen zugehörigen Theiles der sphärischen Bogenfläche, Hohlschablonen anlegen zu können, welche nach den Kreisbogen der senkrechten Durchschnitte herausgetragen werden.

Bei der perspektivischen Darstellung der einzelnen Wölbsteine in Fig. 194 bis 197 sind die zum Heraustragen und Bearbeiten derselben erforderlichen Hülfslinien punktirt angegeben und es haben die Steine dieselbe Bezeichnung wie in dem Musterrisse Fig. 190.

In dem vorher besprochenen Beispiele eines Nischenbogens in einer

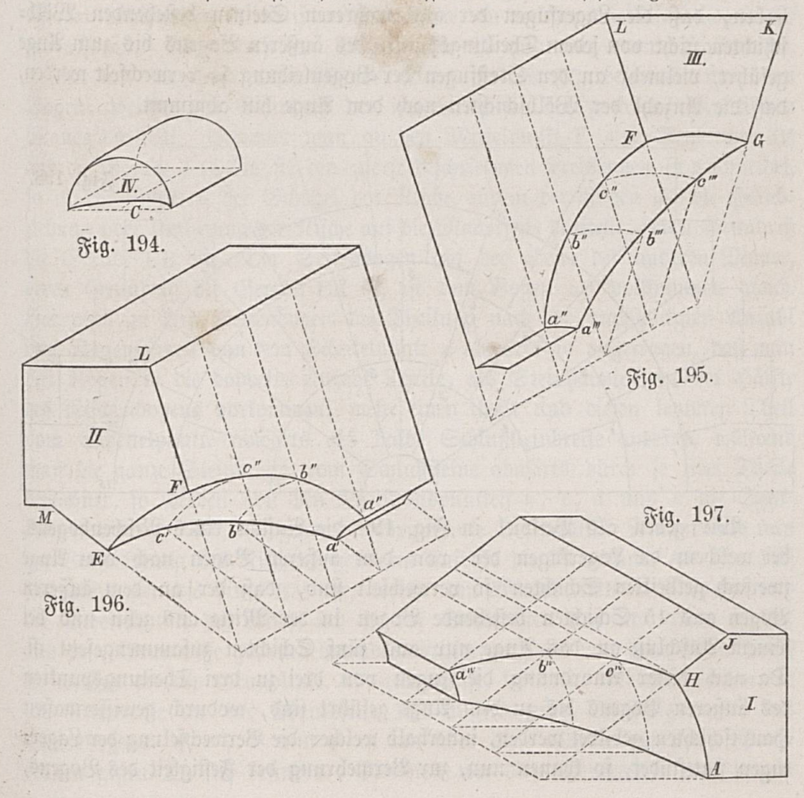


Fig. 194.

Fig. 195.

Fig. 196.

Fig. 197.

geraden Mauer haben wir angenommen, daß der Bogen aus einer ungeraden Anzahl von Wölbsteinen gebildet werde, welche, bis zu dem Auge geführt, nur aus einem Stücke bestehen. Bei großen Nischenbogen aber, welche aus einer größeren Anzahl von Bogensteinen zusammengesetzt werden, bei deren Abmessungen in der Theilung des Bogens an der Mauerflucht man sich eines= theils nach der Stärke der vorhandenen Steine, anderntheils aber auch dar= nach zu richten hat, daß die Mehrzahl der Bogensteine entweder vermittelst horizontaler Haken in die angrenzenden Mauerschichten übergreifen oder doch durch senkrechte Stoßfugen sich an die Mauerschichten anschließen, werden die Bogenschichten in der Richtung der Fugen aus mehreren Bogensteinen gebildet.

Wollte man die Fugen von allen Theilungspunkten der Bogenschichten an dem äußeren Bogen bis zu dem Auge in gerader Richtung durchführen, so würden die Steine dieser Schichten nach dem Auge hin eine sehr geringe Stärke erhalten, wodurch die Festigkeit des Bogens beeinträchtigt würde. Man wird deshalb bei der Anordnung des Fugenschnittes darauf zu sehen haben, daß die Lagerfugen der aus mehreren Steinen bestehenden Wölb= schichten nicht von jedem Theilungspunkte des äußeren Bogens bis zum Auge geführt, vielmehr an den Stoßfugen der Bogenleibung so verwechselt werden, daß die Anzahl der Wölbschichten nach dem Auge hin abnimmt.

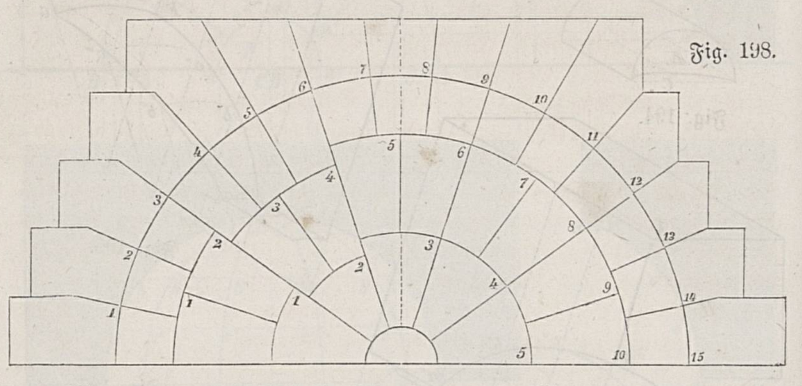


Fig. 198.

Wir geben als Beispiel in Fig. 198 die Ansicht eines Nischenbogens, bei welchem die Lagerfugen der von dem äußeren Bogen nach dem Auge zweifach getheilten Schichten so verwechselt sind, daß der an dem äußeren Bogen aus 15 Schichten bestehende Bogen in der Mitte aus zehn und bei seinem Anschluß an das Auge nur aus fünf Schichten zusammengesetzt ist. Da nach dieser Anordnung die Fugen von drei zu drei Theilungspunkten des äußeren Bogens bis zu dem Auge geführt sind, wodurch gewissermaßen Hauptschichten gebildet werden, innerhalb welcher die Verwechselung der Lager= fugen stattfindet, so können nun, zur Vermehrung der Festigkeit des Bogens,

von Hauptschichte zu Hauptschichte auch die Stoßfugen so verwechselt werden, wie wir dies in der einen Hälfte der Bogenansicht Fig. 198 eingezeichnet haben.

Wir übergehen die verschiedenen Fälle, wo Nischen in anderen als geraden Mauern vorkommen können, und erwähnen nur noch die sphärische Nische in Mauerecken, wo sie einen überragenden Bogen, eine sogenannte Trompe bildet.

Nehmen wir an, es seien die geraden Linien AE und BE in Fig. 200 die Grundrisse der äußeren Seiten der geraden Mauern, welche die Ecken bilden, in welcher eine sphärische Nische angebracht werden soll. Um den Musterriß der Nische zu erhalten, nimmt man die Spitze E des Winkels AEB als Horizontalprojektion des Mittelpunktes der sphärischen Fläche an, welche die Gewölbfläche der Nische bilden soll, und beschreibt mit einem Halbmesser EC, welcher dem Halbmesser der sphärischen Fläche entspricht, einen unbestimmten Kreisbogen. Der in dem Winkel AEB enthaltene Theil CG dieses Bogens ist die Horizontalprojektion des Nischenbogens und zugleich der Grundriß der hohlrunden cylindrischen Mauerseite, an welcher der Nischenbogen angebracht ist. Aus demselben Mittelpunkte E und mit einem Halbmesser, welcher um die Stärke der Mauer größer ist als EC, beschreibt man den Bogen, welcher den Grundriß der inneren Seite der geraden cylindrischen Mauer darstellt. Errichtet man an den Mittelpunkt E eine Senkrechte aE auf die Gerade EC, bis sie den zuerst beschriebenen Kreisbogen in a schneidet, so ist der Punkt a der Scheitel der Nische, indem der Bogen aC die Herabziehung oder Umlegung der Nische auf die Mauerseite darstellt, deren Grundriß die Gerade EB ist. Der Seitenbogen auf der Seite der anderen Mauer, deren Grundriß die Gerade EA ist, ist dem Bogen aC vollkommen gleich. Hat man an dem Seitenbogen die Theilung nach der beabsichtigten Anzahl von Bogensteinen von dem Scheitelpunkt a abwärts so angetragen, daß man den Bogen in die doppelte Anzahl Theile, als Steinhäupter an der Hälfte des Nischenbogens vorkommen, mehr einen theilt und diesen letzteren Theil vom Scheitelpunkte abwärts als halbe Schlußsteinbreite anträgt, während man die ganze Steinbreite vom Schlußsteine abwärts durch je zwei Theile bezeichnet, so werden von den Theilungspunkten b, c, d und e die Senkrechten bb′, cc″ dd′, ee′ gegen die Grundlinie EC gefällt. Nimmt man nun zur Verzeichnung des Nischenbogens im Aufrisse die Grundlinie AB Fig. 199 senkrecht gegen die Linie EM an, welche den Winkel AEB halbirt, so wird der Scheitelpunkt der Nische sich in der Senkrechten EM und zwar in der aus dem Grundrisse zu entnehmenden Entfernung aa′ von dem Mittelpunkt E, welcher an der Grundlinie AB gelegen ist, befinden. Ebenso werden die im Grundrisse an der Mauerseite EB angetragenen Theilungspunkte des Seitenbogens b′, c′, d′ und e′ in den über diese Punkte geführten Senkrechten gegen AB sich befinden. Errichten wir diese Senkrechten und tragen

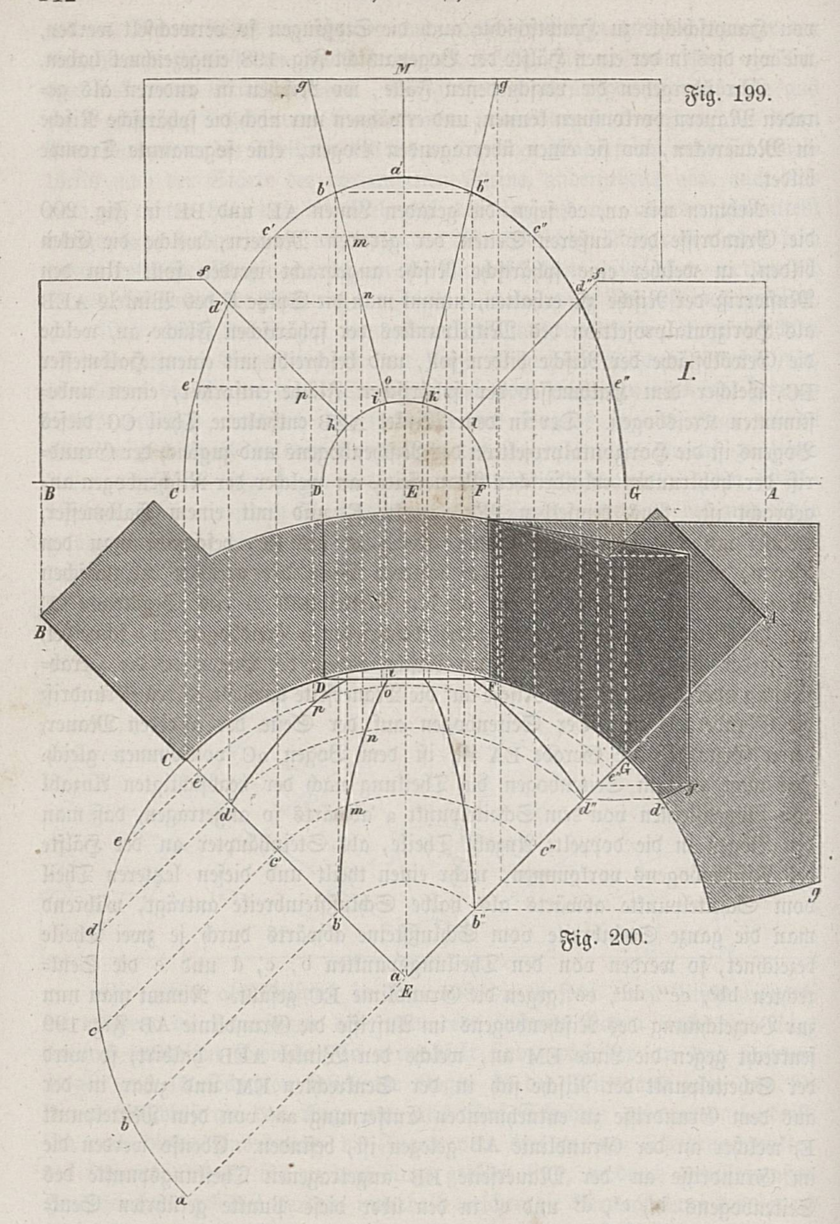


Fig. 199.

Fig. 200.

an diese die aus dem Grundrisse zu entnehmenden Ordinaten bb', cc', dd', ee' von der Grundlinie AB, und eben so den an der Grundlinie gelegenen Punkt C an, und verbinden die Punkte a', b', c', d', e' und C durch eine krumme Linie, welche genau eine halbe Ellipse darstellt, so erhalten wir die Vertikalprojektion des Durchschnitts der Mauerseite AE mit der Gewölbfläche der Nische. Die Vertikalprojektion des Durchschnitts der Mauerseite AE mit der Gewölbfläche der Nische ist genau dieselbe wie an der Mauerseite BE und wird ebenfalls durch das Antragen der aus dem im Grundriß umgelegten Seitenbogen aC zu entnehmenden Ordinaten an die Senkrechten bestimmt, welche von den im Grundrisse angegebenen Schnittpunkten b'', c'', d'' und e'' gegen die Grundlinien AB im Aufriß errichtet werden.

Denken wir uns im Aufriß Fig. 199 über die Theilungspunkte mit der Grundlinie AB parallele horizontale Ebenen geführt, so werden die Durchschnittslinien mit der Gewölbfläche der Nische Kreisbogen sein, welche im Grundrisse Fig. 200 aus dem Punkte E, welcher die Projektion der senkrechten Achse ist, in welcher die Mittelpunkte der Kreisbogen sich befinden, mit den Halbmessern Eb', Ec', Ed' und Ee' beschrieben werden. Wie aus den Schnittpunkten dieser Kreisbogen im Grundrisse die Theilungspunkte an der Mauerseite AE bestimmt und von diesen aus die Senkrechten gegen die Grundlinie AB im Aufriß geführt werden, so werden von den Durchschnittspunkten der über die Theilungspunkte im Aufriß geführten horizontalen Linien, welche die Projektionen der angenommenen horizontalen Ebenen sind, mit den centrischen Fugen an der Gewölbfläche der Nische durch Senkrechte bis zu den entsprechenden Kreisbogen im Grundrisse die Punkte bezeichnet, über welche die krummen Linien gezogen werden, welche die Fugenschnitte an der Gewölbfläche darstellen, wie dies aus den Musterrissen, an welchen die gleichen Schnittpunkte mit denselben Buchstaben bezeichnet sind, ersehen werden kann.

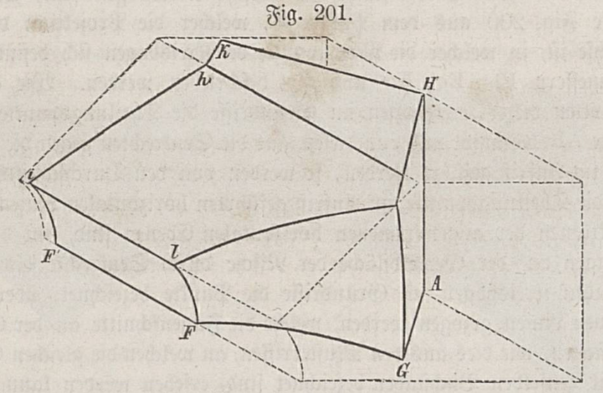
Um die Schablonen der Fugenschnitte für die Gewölbsteine zu erhalten, denkt man sich im Grundriß Fig. 200 die Lagerflächen um die Linie EM als Achse bis zur Horizontalebene des Bogenanfängers umgelegt. Die Schnittlinien an der Gewölbfläche werden einen Theil des aus dem Mittelpunkte E mit dem Halbmesser EG beschriebenen Kreisbogens bilden, dessen Größe für die einem Fugenschnitte zugehörigen Schablonen gefunden wird, wenn wir von dem entsprechenden Schnittpunkte an der Mauerseite eine Senkrechte gegen die Achse EM errichten und bis zu dem erwähnten Kreisbogen führen. Die übrigen Schnittlinien der Lagerschablonen, welche für die über die Theilungspunkte b'' und im Aufriß Fig. 199 geführten Fugenschnitte im Grundrisse Fig. 200 herausgetragen sind, werden dadurch bestimmt, daß man im Grundriß über die Schnittpunkte, welche aus dem Aufrisse durch Senkrechte an die entsprechenden Mauerseiten angetragen werden, Senkrechte gegen die Achse EM führt, an diese die aus dem Aufrisse zu entnehmenden Abstände

dieser Punkte von dem Mittelpunkt C, welcher die Projektion der Achse ist, anträgt und die auf diese Art gefundenen Schnittpunkte auf die geeignete Weise durch gerade Linien oder Kurven untereinander verbindet.

Bei der Bearbeitung der Bogensteine wird so verfahren, daß man sie zuerst nach den aus dem Musterrisse Fig. 199 entnommenen Kopfschablonen, ohne Berücksichtigung der nach anderer Richtung abweichenden Formen, ausviert und nachher die Kanten der Bogenflächen und der Häupter durch das Auflegen der Fugenschnittschablonen und nach den aus dem Grundriß Fig. 200 zu entnehmenden Abmessungen der Häupter verzeichnet.

Wäre hiernach der mit I bezeichnete Bogenstein zu bearbeiten, so nimmt man aus dem Musterrisse Fig. 199 die Kopfschablone HAGFld″f auf und wählt einen Stein, der diese Schablone fassen kann und zugleich die aus dem Grundrisse Fig. 200 zu entnehmende Länge gleich rs hat. Nach der Kopfschablone viert man den Stein Fig. 201 so aus, daß er die punktirt

Fig. 201.



umschriebene Form erhält. Hierauf legt man die aus dem Grundrisse abzutragende Lagerschablone auf das untere Lager, auf das obere Lager aber die ebenfalls im Grundrisse auf vorbeschriebene Art herausgetragene Lagerschablone für dasselbe, und der Stein ist so verzeichnet, daß er, nach der Verzeichnung bearbeitet, die durch seine Lage vorgeschriebene Form AGFFHfd″lih erhält. Bei dem Auflegen der Lagerschablonen muß darauf gesehen werden, daß man an den bereits bearbeiteten Kanten genau die Punkte bezeichnet, wo die Spitzen der Schablonen zusammenfallen müssen.

Bildet in dem vorher besprochenen Beispiele die Gewölbfläche des überragenden Bogens eine sphärische Nische, so können unter anderen Umständen die Gewölbflächen derartiger Bogen nach sehr verschiedenen Bedingungen erzeugt gedacht werden.

Angenommen, es soll die Ecke, welche zwei gerade Mauern bilden, durch eine senkrechte Ebene bis auf eine gewisse Höhe abgestumpft und von da der

Fig. 202.

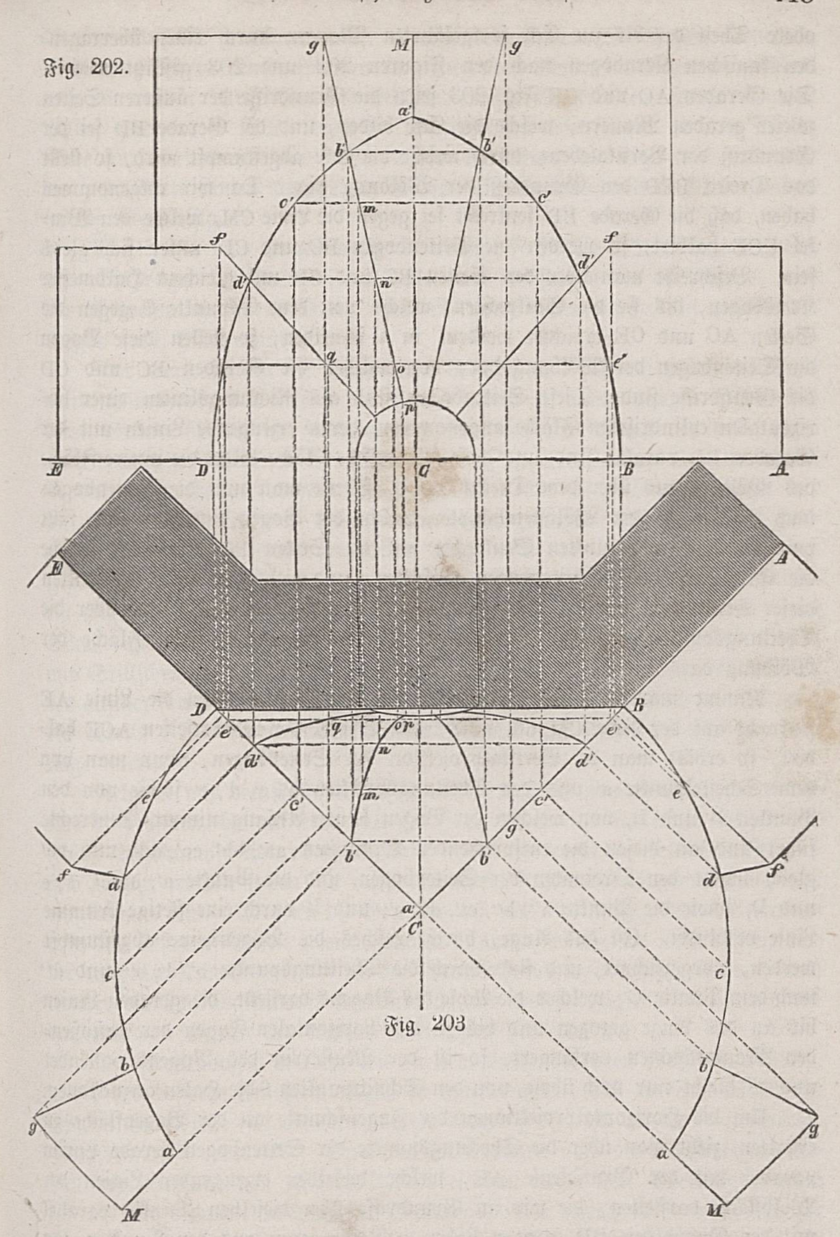


Fig. 203

obere Theil der bis zur Ecke fortgeführten Mauern durch einen überragenden konischen Kernbogen nach den Figuren 202 und 203 gestützt werden. Die Geraden AC und CE Fig. 203 seien die Grundrisse der äußeren Seiten zweier geraden Mauern, welche die Ecke bilden, und die Gerade BD sei der Grundriß der Vertikalebene, durch welche die Ecke abgestumpft wird, so stellt das Dreieck BCD den Grundriß der Wölbung dar. Da wir angenommen haben, daß die Gerade BD senkrecht sei gegen die Linie CM, welche den Winkel UCE halbirt, so werden die Seitenbogen BC und CD unter sich gleich sein. Beschreibt man über den Seiten BC und CD mit gleichem Halbmesser Kreisbogen, bis sie die Senkrechten, welche von dem Eckpunkte C gegen die Seiten AC und CE errichtet werden, in a schneiden, so stellen diese Bogen die Seitenbogen der Wölbung dar, von welchen die Geraden BC und CD die Grundrisse sind. Diese Seitenbogen sind als Richtungslinien einer horizontalen cylindrischen Fläche angenommen, deren erzeugende Linien mit der Geraden BD parallel sind, und diese cylindrische Fläche bildet die innere Fläche des Wölbebogens über dem Dreieck BCD. Theilt man nun die Seitenbogen nach der Anzahl der Wölbsteinhäupter, welche der Bogen enthalten soll, fällt von den Theilungspunkten Senkrechte auf die Seiten BC und CD, welche die Grundrisse dieser Seitenbogen darstellen, und zieht von den Fußpunkten dieser Senkrechten mit BD Parallelen, so stellen diese Parallelen die über die Theilungspunkte geführten erzeugenden Linien der cylindrischen Fläche der Wölbung dar.

Nimmt man nun als Grundlinie der Vertikalprojektion die Linie AE senkrecht auf der Linie CM an, welche den Winkel der Mauerseiten ACE halbirt, so erhält man die Vertikalprojektion der Seitenbogen, wenn man von dem Scheitelpunkte a' und den Theilungspunkten b', c', d', e' sowie von den Punkten B und D, von welchen der Bogen seinen Anfang nimmt, Senkrechte führt und an diesen die entsprechenden Ordinaten aa', bb', cc', dd' und ee' gleich macht den Ordinaten der Seitenbogen, und die Punkte a', b', c', d', e und D, sowie die Punkte a'', b'', c'', d'', e'' und B durch eine stetige krumme Linie verbindet. Ist das Auge, durch welches die Bogensteine abgestumpft werden, vorgezeichnet, und sind durch die Theilungspunkte b', d', b'' und d'' nach dem Punkte C', welcher die Achse des Bogens darstellt, die geraden Linien bis an das Auge gezogen und bis zu den horizontalen Fugen der anstoßenden Mauerschichten verlängert, so ist der Musterriß des Bogens vollendet und es bleibt nur noch übrig, von den Schnittpunkten f die Haken anzuordnen.

Um die Horizontalprojektionen der Fugenschnitte an der Bogenfläche zu erhalten, zieht man über die Theilungspunkte der Seitenbogen gerade Linien parallel mit der Grundlinie AE, welche dieselben erzeugenden Linien der Wölbfläche darstellen, die wir im Grundrisse über dieselben Punkte parallel mit der Grundlinie BD gezogen haben. Werden nun aus den Punkten, wo

die im Aufrisse angenommenen erzeugenden Linien die Fugen schneiden, Senkrechte bis zu den entsprechenden erzeugenden Linien im Grundriß geführt, und es werden durch die Schnittpunkte dieser Senkrechten stetige krumme Linien gezogen, so stellen diese die Schnittlinien der Fugen an der Wölbfläche im Grundrisse dar. Da dieses Verfahren in Fig. 202 und 203 durch punktirte Linien angegeben ist, so erscheint eine weitere Auseinandersetzung überflüssig.

Dieser Art von Bogen wird die nöthige Festigkeit dadurch gegeben, daß man die Lager der Haken sowol, als auch die Fugen der Wölbsteine, nach der Ausdehnung der Wölbung durch die ganze Mauerstärke, auf welcher der Bogen ruht, hindurchführt.

Zur Verzeichnung der Bogensteine bedient man sich am besten der Ausvierungsmethode, bei welcher der Stein zuerst in seiner ganzen Höhe nach einer Grundrißschablone, sodann nach einer der Stirnschablonen und zuletzt nach den Lagerschablonen bearbeitet wird. Zur Bearbeitung der senkrechten, in das Mauerhaupt fallenden Flächen dienen die Schablonen, welche wir im Grundrisse mit den Seitenbogen herausgetragen haben. Das Heraustragen der Lagerschablonen, deren Länge aus dem Musterrisse im Aufriß Fig. 202, und deren Breite von dem hinteren Mauerhaupte aus, dessen Grundriß Fig. 203 als Richtungslinie dient, entnommen wird, bietet so wenig Schwierigkeit dar, daß wir das dabei in Anwendung kommende Verfahren mit Stillschweigen übergehen und das Auffinden desselben dem Nachdenken des aufmerksamen Lesers um so mehr überlassen zu können glauben, als dazu die bereits besprochenen Beispiele von Mauerbogen Anhaltspunkte zur Genüge darbieten.

Nehmen wir den Fall an, daß die Seiten zweier geraden Mauern, welche eine Ecke bilden, bis auf eine gewisse Höhe durch eine senkrechte cylindrische Fläche abgestumpft und oberhalb durch einen überragenden konischen Kernbogen gestützt werden sollen, so wird die innere Fläche der Bogenwölbung eine ringförmige sein. Es seien die Geraden AC und CE in Fig. 205 die Grundrisse der äußeren Seiten zweier geraden Mauern, welche die Ecke bilden, und der tangente Kreisbogen BD sei der Grundriß der cylindrischen Mauer, nach welcher die Ecke abgestumpft werden soll, und welcher zugleich die Grundlinie darstellt, von welcher der konische Kernbogen sich erhebt.

Die Seitenbogen werden, wie in dem vorhergehenden Beispiele, beliebig, jedoch des besseren Ansehens wegen so angenommen, daß die Scheitelhöhe zu dem im Grundrisse Fig. 205 umgelegten Bogen größer ist, als die Ca zugehörige Grundlinie BC oder CD. Sind die Seitenbogen nach der beabsichtigten Anzahl von Bogensteinen eingetheilt, wobei man außer den Theilungspunkten für die Fugenschnitte noch andere Theilungspunkte bezeichnen kann, welche zur genaueren Verzeichnung der Seitenbogen im Aufrisse Fig. 204 dienen, so

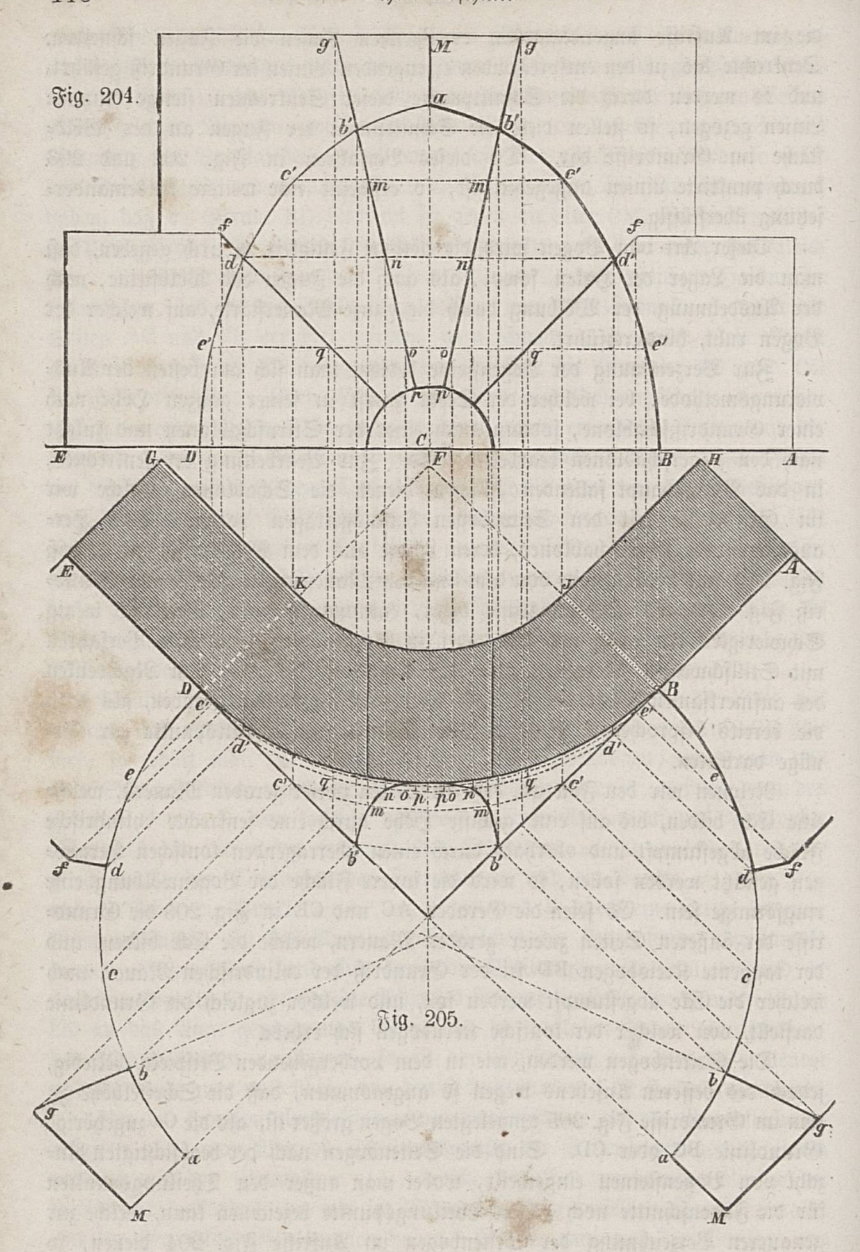


Fig. 204.

Fig. 205.

werden von den Theilungspunkten Senkrechte gegen die entsprechenden Grundlinien BC und CD geführt. Da diese Grundlinien zugleich die Grundrisse der Mauerseiten sind, welche den konischen Bogen schneiden, so stellen die Fußpunkte der von den Theilungspunkten der Seitenbogen gegen deren Grundlinien geführten Senkrechten zugleich die an den entsprechenden Mauerseiten gelegenen Theilungspunkte der Seitenbogen dar. Nehmen wir nun für den Aufriß Fig. 204 die Grundlinie AE senkrecht auf der Linie CM an, welche den von den beiden Mauerseiten eingeschlossenen Winkel ACE halbirt, führen von den im Grundriß an die Mauerseiten angetragenen Theilungspunkten Senkrechte und tragen an diese von der Grundlinie AE die aus dem Grundrisse zu entnehmenden Ordinaten aa', bb', cc', dd' und ee' an, so erhalten wir die Theilungspunkte im Aufriß, über welche die gezogenen krummen Linien die Vertikalprojektionen der Seitenbogen darstellen. Nachdem man das Auge des Bogens bestimmt, von den Theilungspunkten b', b'', d' und d'' die Fugen der Bogensteine gezogen, und von den Schnittpunkten beiderseits die Hakenverbände angeordnet hat, ist der Musterriß des konischen Bogens im Aufrisse vollendet. Um die Fugenschnitte an der Wölbfläche im Grundrisse Fig. 205 zu verzeichnen, denkt man sich über die Schnittpunkte der Seitenbogen im Aufriß Fig. 204 mit der Grundlinie AE parallele horizontale Ebenen durch den Bogen geführt, und die Punkte, wo diese Ebenen die an der Bogenfläche gelegenen Kanten der Lagerfugen schneiden, durch verlängerte Senkrechte gegen die Grundlinie AE in den Grundriß getragen. Da wir nun angenommen haben, daß der von dem Kreisbogen BD der cylindrisch abgestumpften Mauer sich erhebende überragende Kernbogen ein konischer sein soll, so werden die Horizontalprojektionen der Schnitte der durch die Theilungspunkte der Seitenbogen geführten horizontalen Ebenen konzentrische Kreisbogen sein, welche, aus dem Mittelpunkte F des Bogenanfangs beschrieben, die an den Mauerseiten BC und CD gelegenen Theilungspunkte der Seitenbogen schneiden. Werden nun von den Punkten im Aufriß Fig. 204, wo die horizontalen Ebenen die centrischen Fugen schneiden, die Senkrechten gegen die Grundlinie AE bis zu dem Kreisbogen im Grundrisse Fig. 205 geführt, welche die Horizontalprojektionen der Durchschnittslinien von den entsprechenden Horizontalebenen vorstellen, so erhalten wir diese Durchschnittspunkte im Grundriß. Werden die zusammengehörigen Durchschnittspunkte für je eine Fugenkante im Aufriß, im Grundrisse durch krumme Linien unter sich verbunden, so stellen diese krummen Linien die Horizontalprojektionen der Fugenkanten an der Lagerfläche dar.

Das Verzeichnen der Bogensteine, welche sowol nach der Richtung der centrischen Lagerflächen, als auch nach den horizontalen Lagerflächen der Haken auf die ganze Stärke der Mauer durchgeführt werden, sowie das Heraustragen der Lagerschablonen, wird keiner besonderen Auseinandersetzung

bedürfen. Die Stirnschablonen der Steine an den Mauerseiten werden, wie in dem vorigen Beispiele, nach einem so einfachen Verfahren im Grundrisse Fig. 205 herausgetragen, daß die punktirte Einzeichnung dasselbe ohne wörtliche Erläuterung deutlich machen wird.

Wie nach den angeführten Beispielen an äußeren Mauerecken überragende Kernbogen angebracht werden können, so ist dies auch bei inneren Mauerecken der Fall, wo zur Unterstützung von Mauern nach innen, von den Mauerecken aus, kegelförmige Bogen angebracht werden, deren Seitenbogen sich in den Seiten der zu unterstützenden Mauern befinden.

Wir nehmen als Beispiel in den Fig. 206 und 207 einen kegelförmigen Kernbogen in der inneren Ecke zweier geraden Mauern an, dessen Seitenbogen in der senkrechten Ebene der Mauerseite gelegen ist, welche durch den Kernbogen gestützt werden soll.

In Fig. 207 seien die Geraden AB und DE, BC und EF die Grundrisse der Mauerseiten, welche die Ecke ABC bilden, in die ein kegelförmiger Kernbogen angebracht werden soll, dessen Seitenbogen in einer Vertikalebene gelegen sein soll, deren Grundriß GH ist. Theilt man die Linie GH Fig. 207 in zwei gleiche Theile und zieht von dem Theilungspunkt nach der Ecke B eine gerade Linie, so ist diese Linie, welche in unserem Beispiele zugleich senkrecht auf GH ist, die Horizontalprojektion der Achse der Gewölbfläche. Der Punkt B ist die Horizontalprojektion des Scheitels dieser Gewölbfläche, und die Geraden GB und HB sind die Horizontalprojektionen der erzeugenden Linien des kegelförmigen Gewölbes. Nimmt man nun DF, senkrecht auf die durch B geführte Halbirungslinie BM gerichtet, als Grundlinie der Vertikalprojektion Fig. 206 an, und errichtet gegen diese aus den Punkten G und H im Grundrisse Fig. 207 Senkrechte, so sind diese über die Grundlinie DF unbestimmt verlängerten Senkrechten die Vertikalprojektionen der Durchschnitte der Vertikalebene des Seitenbogens mit den inneren Seiten der Mauer, welche die Ecke bilden. Wird über GH, zwischen den Punkten, wo die bemerkten Senkrechten die Grundlinie DF schneiden, ein Halbkreis beschrieben, dessen Mittelpunkt in der Grundlinie und zwar in dem Durchschnitte einer durch die Ecke B Fig. 207 geführten Senkrechten gelegen ist, so stellt dieser Halbkreis die Vertikalprojektion des Seitenbogens dar. Aus demselben Mittelpunkte wird das Auge beschrieben, durch welches die Bogensteine abgestumpft werden. Sind von den Theilungspunkten des Seitenbogens Fig. 206, welche nach der Anzahl der Bogensteine in gleichen Abständen angetragen werden, die Fugenschnitte nach dem Mittelpunkt B bis an das Auge in geraden Linien gezogen, so erhalten wir die Fugenschnitte im Grundrisse, wenn wir von den Theilungspunkten des Seitenbogens Senkrechte bis zur Linie GH im Grundriß fällen, und von den Schnittpunkten dieser Senkrechten gerade Linien nach dem Punkte B führen, welcher den Scheitelpunkt der kegelförmigen

Wölbung darstellt. Die Horizontalprojektion des Auges, bis zu welchem die Fugenschnitte gezogen werden, bildet eine gerade, mit der Linie GH parallele Linie, welche über die Schnittpunkte der von den Endpunkten des Auges an der Grundlinie DF Fig. 206 bis zu den Mauerseiten AB und BC Fig. 207 geführten Senkrechten gezogen wird.

In Bezug auf die Anordnung des Fugenschnittes ist zu bemerken, daß man die Wölbefugen nie über die Durchschnitte der Mauerseite, in welcher der Seitenbogen sich befindet, mit den Mauerseiten, welche die Ecke bilden, hinaus verlängert, vielmehr unter allen Umständen die Eintheilung des

Fig. 206.

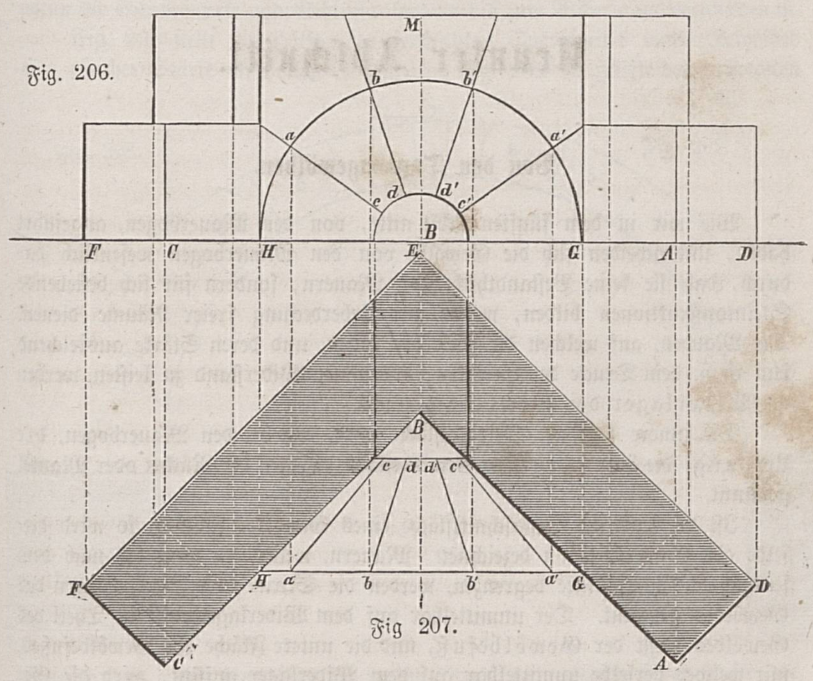


Fig 207.

Bogens so anordnet, daß von den Lagerfugen, welche die senkrechten über G und H geführten Schnittlinien treffen, die Bogensteine durch Haken in die horizontalen Mauerschichten übergreifen. Sind die Schnittpunkte an den Durchschnittslinien der genannten Mauerseiten durch Mauerschichten von einer gewissen Höhe so bestimmt, daß sie höher liegen als die Schnittpunkte der Fugen von Wölbsteinen, welche mit der Mauerschichte durch Haken in Verbindung gebracht werden sollen, so müssen die Theilungspunkte an dem Seitenbogen für die betreffenden Bogensteine um so viel höher angenommen werden, daß die Fugenschnitte genau in den Durchschnittslinien der Mauerseiten

zusammentreffen, sollten auch dadurch die Bogensteine eine ungleiche Breite erhalten.

Das Heraustragen der Kopf- und Lagerschablonen, welches bei diesem rein konischen Mauerbogen höchst einfach ist, indem alle Begrenzungslinien der Steine, mit Ausnahme der Seitenbogen, gerade Linien bilden, kann füglich unerörtert bleiben.

Neunter Abschnitt.

Von den Tonnengewölben.

Wie wir in dem fünften Abschnitte, von den Mauerbogen, angeführt haben, unterscheiden sich die Gewölbe von den Mauerbogen wesentlich dadurch, daß sie keine Bestandtheile von Mauern, sondern für sich bestehende Steinkonstruktionen bilden, welche zur Ueberdeckung freier Räume dienen. Die Mauern, auf welchen die Gewölbe ruhen, und deren Stärke ausreichend sein muß, dem Drucke der Gewölbe vollkommen Widerstand zu leisten, werden die Widerlager der Gewölbe genannt.

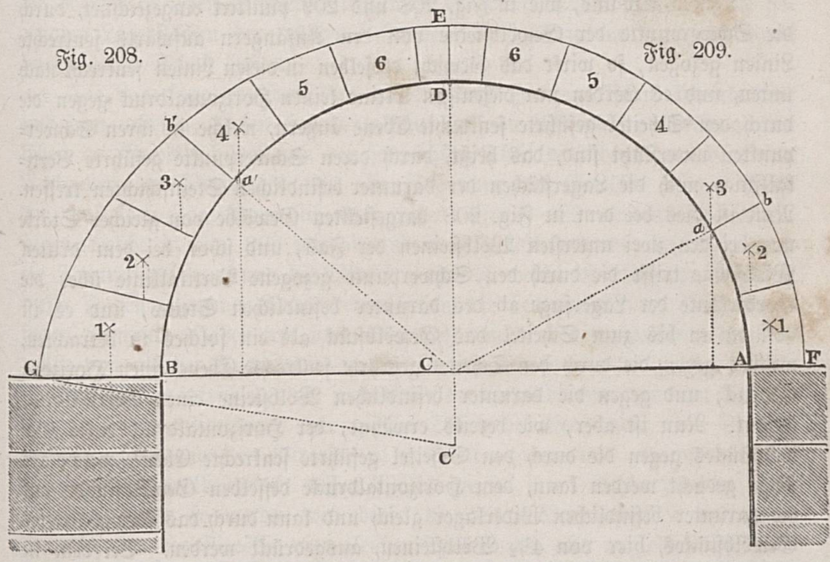
Die innere sichtbare Gewölbefläche wird, wie bei den Mauerbogen, die Leibung, die äußere sichtbare Gewölbefläche dagegen der Rücken oder Mantel genannt.

Ist die senkrechte Querschnittfläche eines Gewölbes sichtbar, so wird dieselbe als Gewölbstirn bezeichnet. Mauern, welche ein Gewölbe nach dem senkrechten Querschnitte begrenzen, werden die Stirn- oder Schildmauern des Gewölbes genannt. Der unmittelbar auf dem Widerlager ruhende Theil des Gewölbes heißt der Gewölbefuß, und die untere Fläche des Gewölbefußes, mit welcher derselbe unmittelbar auf dem Widerlager aufsitzt, wird die Gewölbesohle genannt. Die Linien, in welchen sich die Sohlen eines Gewölbes mit dessen Leibungsfläche schneiden, nennt man die Kämpferlinien desselben. Diejenigen Gewölbsteine, welche die erste Schichte des Gewölbefußes bilden, werden als Gewölbeanfänger, und diejenigen Gewölbsteine, welche die letzte Schichte im Scheitel des Gewölbes bilden und durch eine über die Achse der Wölbung geführte senkrechte Ebene ihrer Höhe nach halbirt werden, als Schlußsteine des Gewölbes bezeichnet.

Ueber den Druck, welchen Hausteingewölbe auf ihre Widerlager äußern, haben wir uns in der „Schule des Maurers“, und zwar im neunten Ab-

schnitt, welcher von den Gewölben handelt, so ausführlich ausgesprochen, als dies bei dem beschränkten Umfange dieses Handbuches zulässig war. Indem wir zur Vermeidung von Wiederholungen auf diesen Abschnitt der „Schule des Maurers" hinweisen, entnehmen wir daraus nur Dasjenige, was auf das allgemein übliche Verfahren Bezug hat, die Hausteingewölbe, sowol zur Vermehrung ihrer Festigkeit, als auch zur Verminderung des Horizontalschubs, welchen dieselben auf ihre Widerlager äußern, vom Schlußsteine abwärts bis zu ihrer Sohle zu verstärken.

Der Horizontalschub von Gewölben von gleicher Pfeilhöhe ist verschieden, wenn die Gewölbstärke vom Schlusse abwärts bis zum Widerlager verschieden ist. Fig. 208 stellt die Hälfte des senkrechten Querschnitts eines Gewölbes von gleicher Stärke im vollen Bogen, und Fig. 209 die Hälfte des senkrechten



Querschnitts eines Gewölbes im vollen Bogen von gleicher Spannweite dar, bei welchem die am Schlusse dem vorigen gleiche Stärke des Gewölbes nach den Widerlagern so zunimmt, daß die äußere Wölblinie aus einem Kreisbogen besteht, dessen Mittelpunkt C um $^1/_4$ der Pfeilhöhe tiefer als der Mittelpunkt C des inneren Bogens gelegen ist. Beide Gewölbe bestehen aus einer gleichen Anzahl von unter sich an der inneren Bogenleibung gleich breiten Wölbsteinen, deren Lagerfugen bei beiden Gewölben in gleicher Höhe auch gleichen Centriwinkeln entsprechen. Der horizontale Druck eines jeden Gewölbestücks auf den darunter befindlichen Gewölbestein, sowie der horizontale Druck des ganzen Gewölbes auf die Widerlager, ist dem horizontalen

Druck desselben Gewölbstücks oder ganzen Gewölbes gegen eine durch den Scheitel gezogen gedachte senkrechte Fuge gleich, wenn alle Gewölbsteine im Gleichgewicht sind. Der horizontale Druck eines Gewölbes gegen die senkrechte Fuge im Scheitel wird im Verhältnisse des senkrechten Drucks stehen, welchen die in ihrem Schwerpunkte nicht unterstützten Wölbsteine gegen die darunter befindliche Fuge äußern. Der senkrechte Druck eines jeden Gewölbstücks, vom Scheitel an gerechnet, gegen die darunter befindliche Fuge, ist aber dem Gewichte dieses Gewölbstücks gleich, und es wird demnach, wie ein größeres Gewölbstück vom Scheitel abwärts einen größeren, senkrechten Druck äußert, auch das größere Gewölbstück in demselben Verhältnisse einen größeren horizontalen Druck gegen die darunter befindliche Fuge und von da auf die Widerlager äußern.

Denken wir uns, wie in Fig. 208 und 209 punktirt eingezeichnet, durch die Schwerpunkte der Gewölbsteine von den Anfängern aufwärts senkrechte Linien gezogen, so wirkt das Gewicht derselben in diesen Linien senkrecht nach unten, und es werden nur diejenigen Steine keinen Horizontaldruck gegen die durch den Scheitel geführte senkrechte Ebene äußern, welche in ihren Schwerpunkten unterstützt sind, das heißt, durch deren Schwerpunkte geführte Vertikallinien noch die Lagerflächen der darunter befindlichen Steinschichten treffen. Nun ist dies bei dem in Fig. 208 dargestellten Gewölbe von gleicher Stärke nur bei den zwei untersten Wölbsteinen der Fall, und schon bei dem dritten Wölbsteine trifft die durch den Schwerpunkt gezogene Vertikallinie über die Vorderkante der Lagerfuge ab des darunter befindlichen Steins, und es ist von da an bis zum Scheitel das Gewölbstück als ein solches zu betrachten, welches gegen die durch den Scheitel geführte senkrechte Ebene einen Horizontaldruck, und gegen die darunter befindlichen Wölbsteine einen Vertikaldruck äußert. Nun ist aber, wie bereits erwähnt, der Horizontaldruck eines Gewölbstückes gegen die durch den Scheitel geführte senkrechte Ebene, welche als Fuge gedacht werden kann, dem Horizontaldrucke desselben Gewölbstückes auf die darunter befindlichen Widerlager gleich und kann durch das Gewicht dieses Gewölbstückes, hier von $4^1/_2$ Wölbsteinen, ausgedrückt werden. Bei dem in Fig. 209 dargestellten Gewölbe, dessen Stärke vom Scheitel bis zur Sohle beinahe um das Doppelte zunimmt, sind die drei unteren Wölbsteine in ihren Schwerpunkten unterstützt, indem die durch die Schwerpunkte dieser drei Wölbsteine gezogenen Vertikallinien auf die Lagerflächen der darunter befindlichen Wölbsteine treffen. Erst bei dem vierten Wölbsteine, von der Sohle aufwärts, trifft die durch den Schwerpunkt gezogene Vertikallinie vor die Lagerfuge des darunter befindlichen Wölbsteins, so daß dieser Wölbstein nur durch den Druck der darüber befindlichen Wölbsteine in seiner Lage erhalten wird. Da nun das Gewölbstück, welches gegen die Widerlager und gegen den Scheitel einen Horizontaldruck äußert, vom vierten Wölbsteine aufwärts

bis zum Scheitel bei dem verstärkten Gewölbe Fig. 209 nur aus $3^1/_2$ Wölbsteinen, bei dem gleich starken Gewölbe Fig. 208 dagegen aus $4^1/_2$ Wölbsteinen besteht, und da außerdem dieser Horizontaldruck dem Gewichte des den Druck äußernden Gewölbstückes gleich ist, so wird sich der Horizontaldruck des ganzen Gewölbes von gleicher Spannweite Fig. 208, und dem entsprechend die Stärke der Widerlager für dieses Gewölbe zu dem Horizontaldruck des Gewölbes Fig. 209, welches nach der Sohle verstärkt ist, und ebenso die Stärke der Widerlager für dasselbe verhalten, wie sich das Gewicht von 9 der gleich starken Wölbsteine zu dem Gewicht von 7 der nach unten an Stärke zunehmenden Wölbsteine verhält.

Die in ihren Schwerpunkten unterstützten Wölbsteine sind als Theile der Gewölbe zu betrachten, welche die Widerlager nur senkrecht belasten, während die oberen, in ihren Schwerpunkten nicht unterstützten Wölbsteine auf die geneigten Lagerflächen der ersteren einen senkrechten Druck und zugleich einen horizontalen Schub äußern.

Die Lagerfuge zwischen dem oberen, den Horizontalschub bewirkenden, und dem unteren, diesen Horizontalschub auf die Widerlager übertragenden Theil der Gewölbe bildet nun den schwächsten Theil derselben; denn bei einem Nachgeben der Widerlager tritt eine Trennung der Gewölbe in der Weise ein, daß diese Lagerfugen sich nach außen öffnen. Es werden diese Lagerfugen, welche in Fig. 208 mit ab und in Fig. 209 mit a'b' bezeichnet sind, die Trennungsfugen, und die Winkel α und β, welche die nach der Richtung dieser Fugen gezogenen Radien einschließen, die Centriwinkel der Trennungsfugen genannt. Haben wir uns überzeugt, daß der Horizontalschub der Gewölbe von gleicher Spannweite und gleicher Pfeilhöhe und bei gleicher Stärke im Schlußsteine verschieden ist, je nachdem ein Gewölbe entweder vom Schlußsteine bis zum Widerlager eine gleiche Stärke behalten, oder vom Schlußsteine abwärts nach den Widerlagern verstärkt worden, und zunimmt mit der Größe des Gewölbestückes, dessen Wölbsteine in ihren Schwerpunkten nicht unterstützt sind, so werden wir ebenso die weitere Verschiedenheit des Horizontalschubes der Gewölbe von gleicher Spannweite, aber ungleicher Pfeilhöhe bestätigt finden. Die Resultate aller Versuche über den Schub von Gewölben stimmen mit der Erfahrung in der Ausführung darin überein, daß ein Gewölbe mit überhöhter Bogenlinie weniger stark auf seine Widerlager schiebt, als ein halbkreisförmiges, das halbkreisförmige geringer als ein gedrücktes, und das scheitrechte Gewölbe am stärksten, wenn die Spannweite der Gewölbe eine gleiche ist.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen über die Gewölbe gehen wir zur Betrachtung derjenigen Gattung von Gewölben über, welche den Inhalt dieses Abschnittes bilden sollen.

Tonnengewölbe werden alle diejenigen Gewölbe genannt, deren Ober=

fläche entweder durch die Fortbewegung der einmal angenommenen Bogenlinie nach der Richtung der Achse gebildet gedacht werden kann, und bei welchen außerdem die Lagerfugen parallel sind mit der Achse und den Widerlagern, oder es wird deren Wölbfläche dadurch erzeugt gedacht, daß die horizontalen Kämpferlinien als erzeugende Linien über die Bogenlinien, welche den senkrechten Querschnitt darstellen, mit Beibehaltung ihrer horizontalen Richtung geführt werden.

Die unter sich und mit den Widerlagern parallelen Lagerfugen an der Leibung der Tonnengewölbe müssen zugleich normal auf die Bogenlinie gerichtet sein. Bildet die Bogenlinie einen Halbkreis oder ein Kreissegment, so schneiden sich hiernach alle an der Bogenlinie der Leibung normalen Fugen in der gemeinsamen Achse der Wölbung. Bildet die Bogenlinie der Wölbung einen aus mehreren Mittelpunkten beschriebenen Korbbogen, so schneiden die an dem zugehörigen Kreisbogenstücke normalen Fugen nach so vielen Achsen, als zur Beschreibung der Kernbogenlinie Mittelpunkte angenommen sind. Bei elliptischen Bogen ist die Richtung der Fugen für jeden Theilungspunkt eine solche, daß die von einem Theilungspunkte gezogene Fuge genau den Winkel halbirt, welchen die von diesem Theilungspunkte nach den Brennpunkten der Ellipse gezogenen geraden Linien, welche die Leitstrahlen der Ellipse genannt werden, einschließen.

Da das Tonnengewölbe mit seinen unter sich und mit den Widerlagern parallelen Lagerfugen nach seiner ganzen Ausdehnung einen gleichen Horizontalschub auf seine Widerlager äußert, sonach auch eine Belastung dieser Gewölbe selbst, wenn sie ungleich wirkt, durch die unter sich parallelen Wölbschichten auf die Widerlager gleichmäßig vertheilt wird, so eignet sich dieses in seiner Zusammensetzung höchst einfache Gewölbe ganz besonders zur Ueberwölbung von Flüssen als Brücke, oder zur Ueberwölbung von Thälern als Viadukt. Da sowol bei den Brücken als auch bei den Viadukten die beiden Gewölbstirnen sichtbar und im Fugenschnitte ähnlich wie die Mauerbogen der Art behandelt sind, daß die Wölbsteine der Gewölbstirnen sich an die horizontalen Schichten der anschließenden Stirnmauern anschließen, so werden bei diesen Bauwerken allgemein üblich die Tonnengewölbe Bogen genannt.

Man unterscheidet gerade und schiefe Tonnengewölbe. Gerade Gewölbe nennt man diejenigen Gewölbe, deren sichtbare Stirnen senkrecht gegen die Widerlager gerichtet sind, wogegen Gewölbe, deren sichtbare Stirnen durch Ebenen begrenzt werden, welche gegen die Widerlager unter einem schiefen Winkel gerichtet sind, als schiefe Gewölbe bezeichnet werden.

Wir hatten bei dem, was wir über die Tonnengewölbe im Allgemeinen bis jetzt angeführt haben, hauptsächlich das gerade Gewölbe im Auge, und es hat namentlich die erwähnte Anwendung des einfachen Fugenschnittes nur auf dieses Gewölbe Bezug. Bei dem schiefen Gewölbe würden durch die

Beibehaltung der unter sich und mit den Widerlagern parallelen Lagerfugen an den Stirnen spitze Winkel entstehen. Zur Vermeidung dieser spitzen Winkel von den für die Erhaltung der Festigkeit der Gewölbe so wichtigen Gewölbestirnen werden nun die Lagerfugen bei den schiefen Gewölben von der allgemeinen Annahme abweichend und zwar auf verschiedene Weise angeordnet. Wir werden der Besprechung einiger Beispiele von geraden Gewölben die Erwähnung der gebräuchlichsten Anordnungen des Fugenschnittes von schiefen Gewölben nachfolgen lassen.

Als Beispiel eines einfachen geraden Gewölbes geben wir in Fig. 210 bis 213 einen Brückenbogen im vollen Cirkel. Fig. 210 stellt den senkrechten Querschnitt des Gewölbes, Fig. 211 die vordere Ansicht der Bogenstirn mit der anschließenden Stirnmauer, beides zur Hälfte, Fig. 212 den Horizontalabschnitt der Sohle mit der Ansicht der Leibung, und Fig. 213 den Längenschnitt durch die Mitte des Schlußsteines mit der Ansicht der Leibung dar.

Wie aus dem senkrechten Querschnitt Fig. 210 zu ersehen, hat das Gewölbe an der Sohle eine Stärke, welche etwa das Doppelte der Stärke des Gewölbes im Schlusse beträgt, und es bildet die Wölblinie des Mantels ebenfalls einen Kreisbogen, dessen Mittelpunkt in der durch die Mitte geführten Senkrechten, aber tiefer als der Mittelpunkt C der Leibung, gelegen ist. Die Schichten haben an der Leibung eine gleiche Breite und es sind die Lagerfugen von den Theilungspunkten nach der Achse der Leibung, welche in C als Mittelpunkt des Kreisbogens derselben dargestellt ist, gezogen, so daß dadurch gegen den Mantel hin die Wölbsteine an der Hinterkante der harten Lager durch spitze Winkel, an der Hinterkante der weichen Lager dagegen durch stumpfe Winkel begrenzt werden. Sind die spitzen Winkel der Wölbsteine den Anforderungen eines richtigen Steinschnittes nicht ganz entsprechend, so wird durch dieselben die Festigkeit des Gewölbes doch um deswillen nicht geradezu beeinträchtigt, weil die stärkste Zusammenpressung der Wölbsteine von der Brechungsfuge abwärts gegen die Leibung des Gewölbes stattfindet. Die in unserem Beispiele angenommenen Kreisbogen finden nur in den Fällen Anwendung, wo keine Hintermauerung der Gewölbe durch erhöhte Widerlager stattfindet. Werden die Gewölbe hintermauert, so läßt man die hinter die vorgeschriebenen Lagerfugen heraustretenden Bossen stehen, und es wird die Hintermauerung von der höchsten Stelle des Gewölbes nach beiden Seiten hin, bis hinter die erhöhten Widerlager, entweder nach einem Kreisbogen oder mit ebenen Abdachungen ausgeglichen. Bei der regelmäßigen Bearbeitung der Mantelfläche von Gewölben ohne Hintermauerung liegt derselbe Zweck zu Grunde wie bei der vom Schlusse nach beiden Seiten abwärts geneigten Hintermauerung; es soll dadurch das Gewölbe gegen die zerstörenden Einflüsse der von oben eindringenden Nässe geschützt werden. Es erhalten deshalb

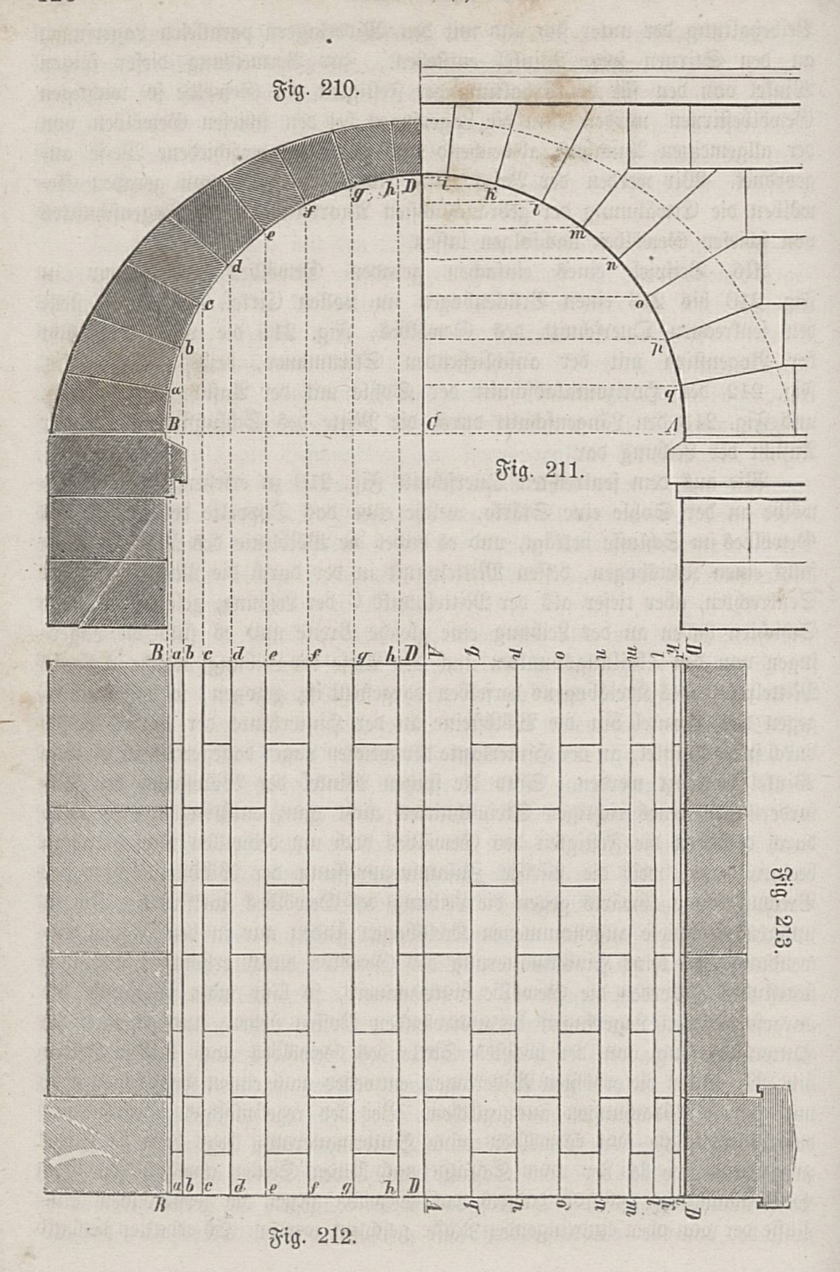


Fig. 210.

Fig. 211.

Fig. 212.

Fig. 213.

die zur Ableitung des Wassers dienenden Flächen einen fugendichten Ueberzug von hydraulischem Mörtel, Cement oder Asphalt.

Bezieht sich das Angeführte auf den Gewölbekörper für sich allein, so haben wir noch die in Fig. 211 dargestellte Stirn des Gewölbes zu betrachten, welche zugleich einen Bestandtheil der Stirnmauer ausmacht und als solcher mit den horizontalen Schichten der letzteren auf entsprechende Weise in Verbindung gebracht werden muß. Wollte man die Wölbsteine auch an der Stirn nach dem in Fig. 211 punktirt gezeichneten Kreisbogen des Gewölbmantels bearbeiten und an diese die Schichten der Stirnmauer unmittelbar anschließen, so würden die horizontalen Lagerfugen den Kreisbogen des Gewölbemantels an der Gewölbesohle aufwärts in immer spitzer werdenden Winkeln schneiden, so daß ein Blick auf die Zeichnung genügen wird, um einzusehen, daß eine solche Anordnung allen Grundregeln des Steinschnittes zuwider und dabei kaum ausführbar wäre. Diesem Verfahren gerade entgegengesetzt wäre die bei den Mauerbogen empfohlene und bei diesen vollkommen gerechtfertigte Anordnung: „die Wölbsteine der Stirnen von den Kanten, wo die geneigten Lagerflächen der Wölbsteine die horizontalen Lagerflächen der Mauerschichten schneiden, vermittelst horizontaler Haken in die Mauerschichten übergreifen zu lassen. Was aber bei dem Mauerbogen, welcher nur zum Abschluß einer Mauerdurchbrechung dient, und welcher meist nur von der durchbrochenen Mauer, und zwar auf seine ganze Breite gleichmäßig belastet wird, die Anordnung des Hakenverbandes empfiehlt, indem die durch horizontale Haken in die Mauerschichten eingreifenden Wölbsteine vermittelst der senkrechten Belastung ihrer Haken in ihrer Lage erhalten werden, liefert zugleich den Beweis, daß diese Anordnung bei den Stirnen von Gewölben durchaus verwerflich ist. Die Erfahrung lehrt nämlich, daß alle Gewölbe, welche aus einer größeren Anzahl von Wölbschichten bestehen, nach der Entfernung der zu ihrer Ausführung erforderlich gewesenen Rüstbogen sich senken, auch wenn die Widerlager dem Horizontalschub der Gewölbe vollkommen widerstehen. An dieser Senkung der Gewölbe, welche allein die Folge des durch den Druck bewirkten innigsten Zusammenschließens der Lagerflächen ist, wie sie durch die genaueste Bearbeitung niemals erreicht werden kann, nehmen alle Schichten des Gewölbes Theil und es werden naturgemäß die Zusammenpressungen vom Scheitel gegen die Sohle zunehmen. Denken wir uns nun die Steine von der Stirn eines Gewölbes vermittelst horizontaler Haken in die horizontalen Schichten der Stirnmauer übergreifend und diese Haken von den darüber befindlichen Steinschichten senkrecht belastet, so wird auch die senkrechte Belastung der hakenförmig eingreifenden Wölbsteine vom Scheitel gegen die Sohle zunehmen. Es wird nun in den meisten Fällen der Horizontalschub der Gewölbe auf die geneigten Lagerflächen größer sein als die senkrechte Belastung, welche auf die Haken der Stirnsteine wirkt, und es wird

in Folge der stärkeren Zusammenpressung der geneigten Lagerflächen entweder Trennung der Stirnmauer an den senkrechten Stoßfugen der Haken bewirkt, oder es werden die hakenförmig in die horizontalen Mauerschichten eingreifenden Wölbsteine, von der Kante der gebrochenen Lagerfläche aus, brechen müssen, wenn die senkrechte Belastung des in die horizontalen Mauerschichten übergreifenden Theiles derselben größer ist als die relative Festigkeit der Steine.

Nach dem Vorbemerkten ist die Anwendung des Hakenverbandes an den Stirnen von Gewölben durchaus verwerflich, und es müssen zum Anschluß der Wölbsteine an die horizontalen Schichten der Stirnmauer die senkrechten Stoßfugen der Wölbsteine da angebracht werden, wo das harte Lager derselben die in ihrer Richtung vorkommenden horizontalen Lager der anschließenden Mauerschichte schneiden. Auf diese Weise greifen die horizontalen Schichten über die Wölbsteine und dürfen erst alsdann angeschlossen werden, wenn die Senkung des Gewölbes erfolgt ist. Damit nun die Mauerschichten an die entsprechenden Wölbsteine genau anschließen, so wird an den letzteren die Bearbeitung der zum Anschluß dienenden senkrechten Stoßfugen, und eben so der horizontalen Lagerfugen, erst nach erfolgter Senkung des Gewölbes vorgenommen.

Das Heraustragen der Wölbsteine ist selbst an den Stirnen höchst einfach und durch nichts von dem bereits besprochenen Heraustragen der Steine eines Mauerbogens in gerader Mauer verschieden. Wir werden deshalb, zur Vermeidung von Wiederholungen, das Heraustragen von Wölbsteinen bei geraden Tonnengewölben nur alsdann besprechen, wenn dabei bis jetzt noch nicht betrachtete Steinformen vorkommen, welche es nöthig erscheinen lassen.

Ein zweites Beispiel von einem geraden Brückenbogen geben wir in Fig. 214 und 215. Wie aus Fig. 214, welche die Stirnansicht zur Hälfte darstellt, zu ersehen, ist das Gewölbe ein flaches Stichbogengewölbe, dessen Bogenlinie aus einem Mittelpunkte C mit einem Halbmesser AC beschrieben ist, welcher der Spannweite des Gewölbes gleich ist, so daß der Centriwinkel von den Widerlagern aus 60 Grade hat. Es stellt demnach Fig. 214 das flachste Gewölbe dar, welches mit Sicherheit in Hausteinen ausführbar ist.

Wir haben diese flache Wölbung in unserem Beispiele gewählt, um wiederholt darauf aufmerksam zu machen, daß flachere Gewölbe, zumal bei Brücken und Viadukten, durchaus verwerflich sind. Wir sprechen dies als einen Erfahrungssatz aus, zu dem wir durch die Untersuchung von Gewölben berechtigt sind, welche mit der größten Genauigkeit ausgeführt, dessenungeachtet aber an vielen Stellen, und zwar sehr ungleich, gewichen sind, weil bei zu flacher Wölbung die Lagerflächen der Wölbsteine zu wenig divergiren, um bei Erschütterung des Gewölbes die Steine gegen das Herabgleiten zu sichern.

An die Stirnseiten des Brückenkörpers schließen sich Flügelmauern an,

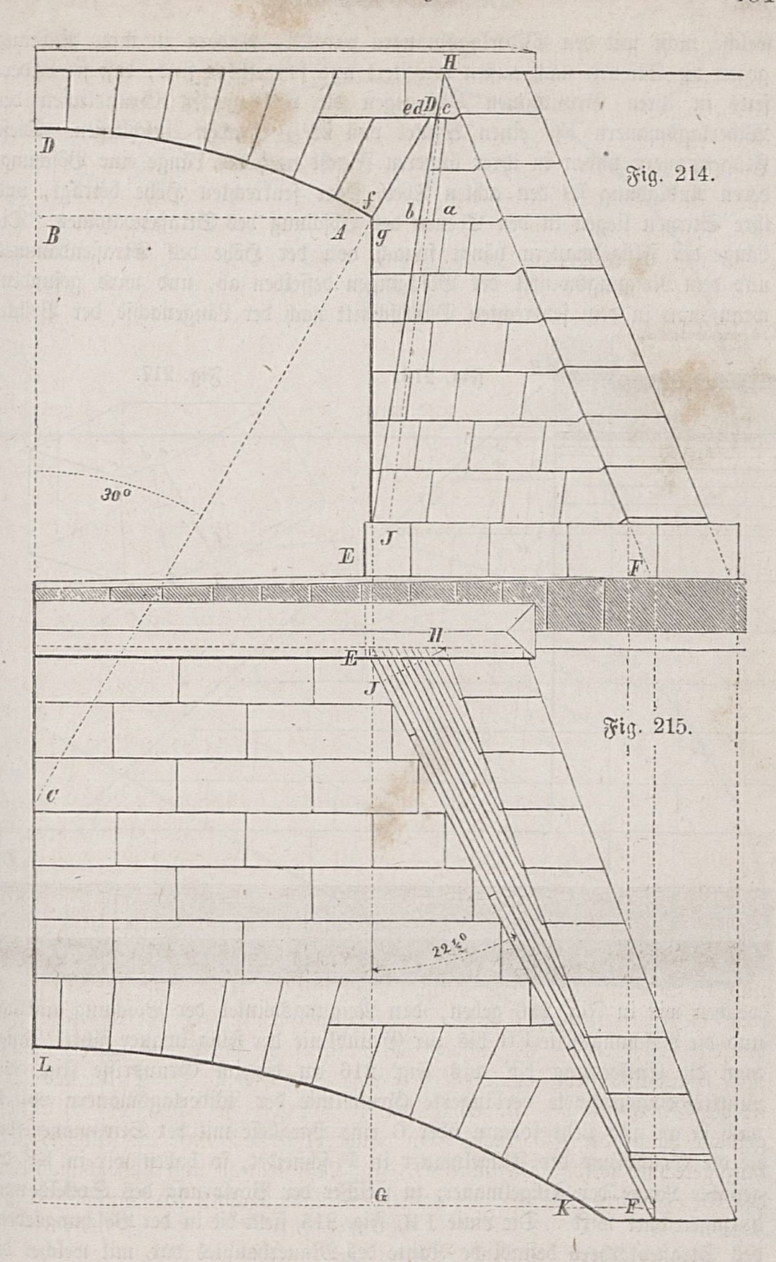


Fig. 214.

Fig. 215.

welche nicht mit den Widerlagsmauern parallel, sondern in ihrer Richtung gegen die Stirnen nach außen erweitert und so geführt sind, daß sie beiderseits in ihren Grundlinien EF gegen die verlängerten Grundlinien der Widerlagsmauern EG einen Winkel von $22^1/_2$ Graden einschließen. Diese Flügelmauern haben in ihrer äußeren Flucht nach der Länge eine Böschung, deren Ausladung IH den achten Theil ihrer senkrechten Höhe beträgt, und ihre Stirnen liegen in den Ebenen der Böschung des Straßendammes. Die Länge der Flügelmauern hängt sonach von der Höhe des Straßendammes und dem Neigungswinkel der Böschungen desselben ab, und wird gefunden, wenn man in dem senkrechten Durchschnitt nach der Längenachse der Brücke,

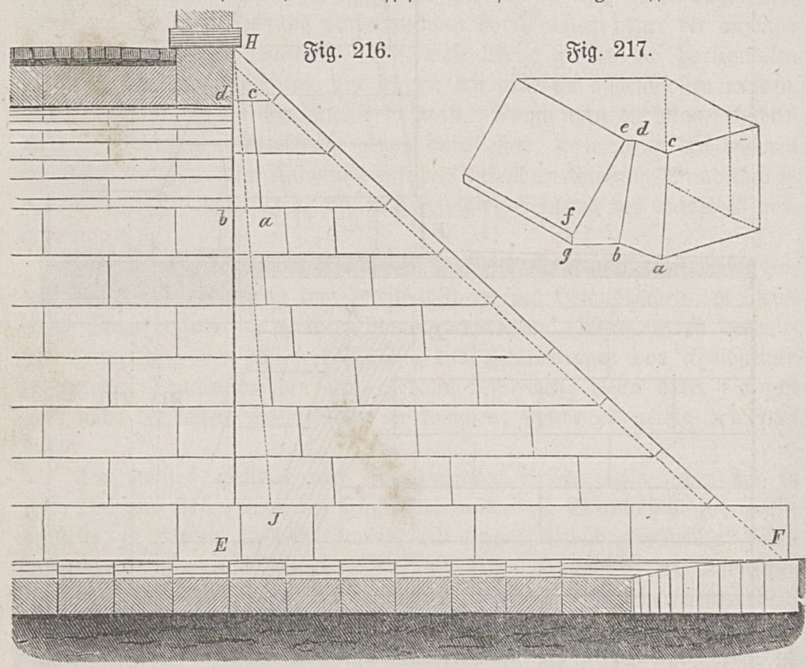


Fig. 216. Fig. 217.

welchen wir in Fig. 216 geben, den Neigungswinkel der Böschung anträgt und die Böschungsseite FH bis zur Grundlinie der Flügelmauer führt. Trägt man die Entfernung EF aus Fig. 216 an die im Grundrisse Fig. 215 punktirt eingezeichnete verlängerte Grundlinie der Widerlagsmauern von E nach G an und zieht sodann über G eine Parallele mit der Stirnmauer, bis sie die Grundlinie der Flügelmauer in F schneidet, so haben wir in EF die gesuchte Länge der Flügelmauer, zu welcher der Vorsprung des Sockels noch hinzugerechnet wird. Die Linie FH, Fig. 215, stellt die in der Böschungsebene des Straßenkörpers befindliche Kante des Mauerhauptes dar, mit welcher die

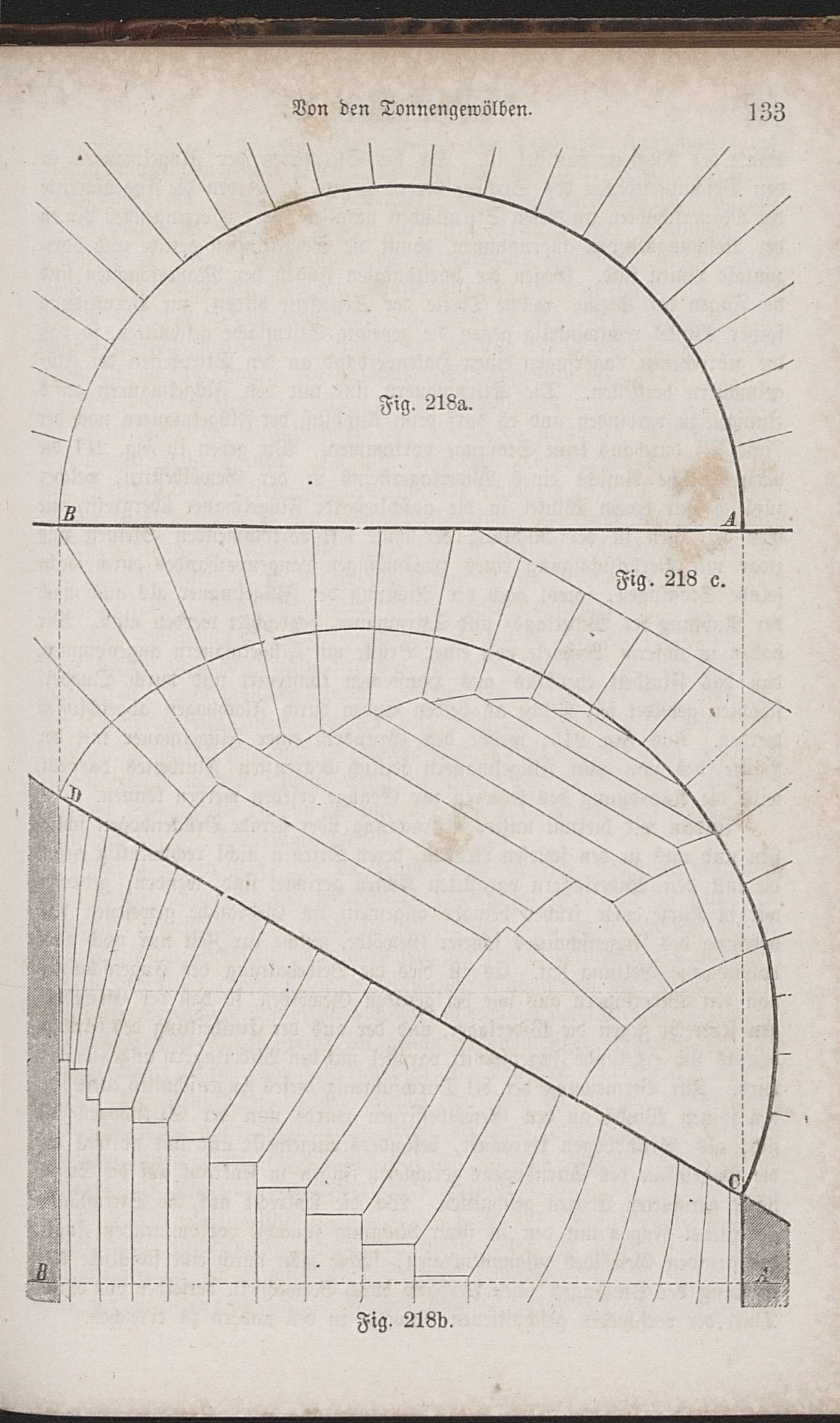


Fig. 218a.

Fig. 218 c.

Fig. 218b.

Kante der Rückseite parallel ist. Da die Stirnseiten der Flügelmauern in den Böschungsebenen des Straßenkörpers liegen, so werden die Fugenschnitte der Mauerschichten an diesen Stirnflächen parallel mit den erzeugenden Linien der Böschungsebenen angenommen, damit die Schnittlinien gerade und horizontale Linien sind. Gegen die horizontalen Fugen der Mauerschichten sind die Fugen der Steine, welche Theile der Stirnseite bilden, zur Vermeidung spitzer Winkel rechtwinkelig gegen die geneigte Stirnfläche geschnitten, so daß die gebrochenen Lagerfugen einen Hakenverband an den Stirnseiten der Flügelmauern herstellen. Die Stirnmauern sind mit den Flügelmauern auf's Innigste zu verbinden und es darf beim Anschluß der Flügelmauern nach der Linie EH durchaus keine Stoßfuge vorkommen. Wir geben in Fig. 217 die perspektivische Ansicht eines Widerlagersteins in der Gewölbestirn, welcher zugleich mit einem Winkel in die anschließende Flügelmauer übergreift, wie dies bei allen in der Richtung der Linie EH vorkommenden Steinen und zwar mit Berücksichtigung eines zweckmäßigen Längenverbandes durch wechselnde Stoßfugen, sowol nach der Richtung der Flügelmauer als auch nach der Richtung der Widerlags- und Stirnmauer, beobachtet werden muß. Wir haben in unserm Beispiele von einer Brücke mit Flügelmauern angenommen, daß das Flutbett ebenfalls aus Hausteinen konstruirt und durch Quaderschichten gebildet sei, welche an beiden Enden durch Flachbogen abgeschlossen werden. Aus Fig. 215, welche den Grundriß einer Flügelmauer mit der Hälfte des von zwei Flügelmauern seitlich begrenzten Flutbettes darstellt, wird die Anordnung des letzteren zur Genüge ersehen werden können.

Indem wir hiermit unsere Betrachtung über gerade Brückenbogen schließen und uns zu den schiefen Brücken, deren Stirnen nicht rechtwinklig gegen die mit den Widerlagern parallelen Achsen gerichtet sind, wenden, gedenken wir in Kürze einer früher beinahe allgemein im Gebrauche gewesenen Anordnung des Fugenschnittes schiefer Gewölbe, welche zur Zeit nur noch ausnahmsweise Geltung hat. Es ist dies die Beibehaltung des Fugenschnittes von den Widerlagern aus wie bei geraden Gewölben, so daß der Grundbogen senkrecht gegen die Widerlager, und der aus der Eintheilung des Grundbogens sich ergebende Fugenschnitt parallel mit den Widerlagern angenommen wird. Zur Vermeidung der bei Durchführung dieses Fugenschnitts entstehenden spitzen Winkel an den Gewölbestirnen wurde nun der Stirnbogen für sich, als Grundbogen betrachtet, besonders eingetheilt und mit normal auf die Bogenlinie des Stirnbogens gerichteten Fugen in senkrecht auf die Stirnfläche gerichteten Ebenen geschnitten. Wo die senkrecht auf die Stirnflächen gerichteten Fugen mit den in ihrer Richtung zunächst vorkommenden Fugen des geraden Gewölbes zusammentrafen, suchte man durch eine schickliche Anordnung der Stoßfugen einen Verband durch Verwechseln derselben von einem Theil der verschieden geschnittenen Gewölbe in den andern zu erreichen.

Fig. 218a, 218b und 218c stellen eine derartige Anordnung des Fugenschnittes von einem schiefen Gewölbe dar, und zwar ist Fig. 218a der Grundbogen des Gewölbetheils, welcher nach der angegebenen Theilung mit der Gewölbeachse parallele Fugen hat; Fig. 218b ist der Grundriß des Stirnbogens mit senkrecht gegen die Stirnmauer gerichteten Fugen, nebst Angabe der Stoßfugen bei dem Zusammentreffen der Lagerfugen des Stirnbogens und des Tonnengewölbes; Fig. 218c ist der Grundbogen an der schiefen Gewölbestirn, mit der Ansicht der Leibung des Gewölbes, aus welcher gleichfalls die Anordnung der genannten Stoßfugen zu ersehen ist.

Bei dieser Anordnung bilden die Leibungsflächen mit den Lagerflächen der schief über die Cylinderfläche des Gewölbes geführten Wölbsteine der Stirnbogen spitze Winkel. Da nun außerdem die Bearbeitung sowol wie das Versetzen dieser Stirnbogensteine überaus schwierig ist, auch bei dem ungleichen Senken zweier so heterogenen Bestandtheile des Gewölbes, bei einigermaßen bedeutender Spannweite, unfehlbar an den Anschlußstellen derselben Trennungen entstehen, so erklärt sich daraus die so selten und nur in sehr wenigen Fällen gerechtfertigte Anwendung dieser Konstruktion.

Das vollkommenste schiefe Gewölbe wäre ein solches, dessen durchlaufende Fugenflächen in jedem Punkte senkrecht auf der Stirnfläche und zugleich normal auf der Leibungsfläche stünden. Es würden die Wölbschichten eines solchen Gewölbes am gleichmäßigsten der Belastung widerstehen. Diese vollkommene Konstruktion schiefer Gewölbe kann jedoch nicht in allen gegebenen Fällen erreicht werden, zumal wenn die Breite der Gewölbe im Verhältniß zu ihrer Spannweite eine so geringe ist, daß nur wenige Wölbschichten unmittelbar auf die Widerlager treffen.

Wir geben in Fig. 218 die Ansicht und in Fig. 219 den Grundriß eines schiefen Gewölbes, bei welchem die Lagerfugen zwar von der senkrechten Richtung abweichen, dabei aber so geführt sind, daß an beiden Stirnen die eine Hälfte der Wölbschichten unmittelbar auf den Widerlagern des nicht sehr breiten Gewölbes ruhen. Die unbedeutende Abweichung der Fugenrichtung gegen die Stirnfläche vom rechten Winkel ist weniger nachtheilig für die Festigkeit des Gewölbes, als wenn bei genau rechtwinkeliger Führung derselben eine geringere Anzahl von Wölbschichten sich von den Widerlagern erhoben hätte. Die Stoßfugen, welche parallel mit den Stirnbogen angenommen sind, bilden bei allen Wölbsteinen, sowie bei den Widerlagssteinen für jede Schichte, genau Theile des parallel mit den Stirnen angenommenen Grundbogens. In der mit den Widerlagern parallelen Achse des Gewölbes befinden sich die Mittelpunkte C, C', C''' u. s. w. für die verschiedenen Stoßfugen. Die Widerlagersteine greifen, da sie sowol die Lager- als auch die Stoßflächen für die anschließenden Schichten enthalten, in das Gewölbe ein und werden Reiter genannt. An den stumpfwinkeligen Seiten der Wider-

lager haben die Widerlagersteine die gewöhnliche Form der Widerlagersteine von geraden Gewölben, auf welchen die Lagerfugen der Gewölbeanfänger rechtwinkelig gegen die Stirn gearbeitet sind; die übrigen Widerlagersteine

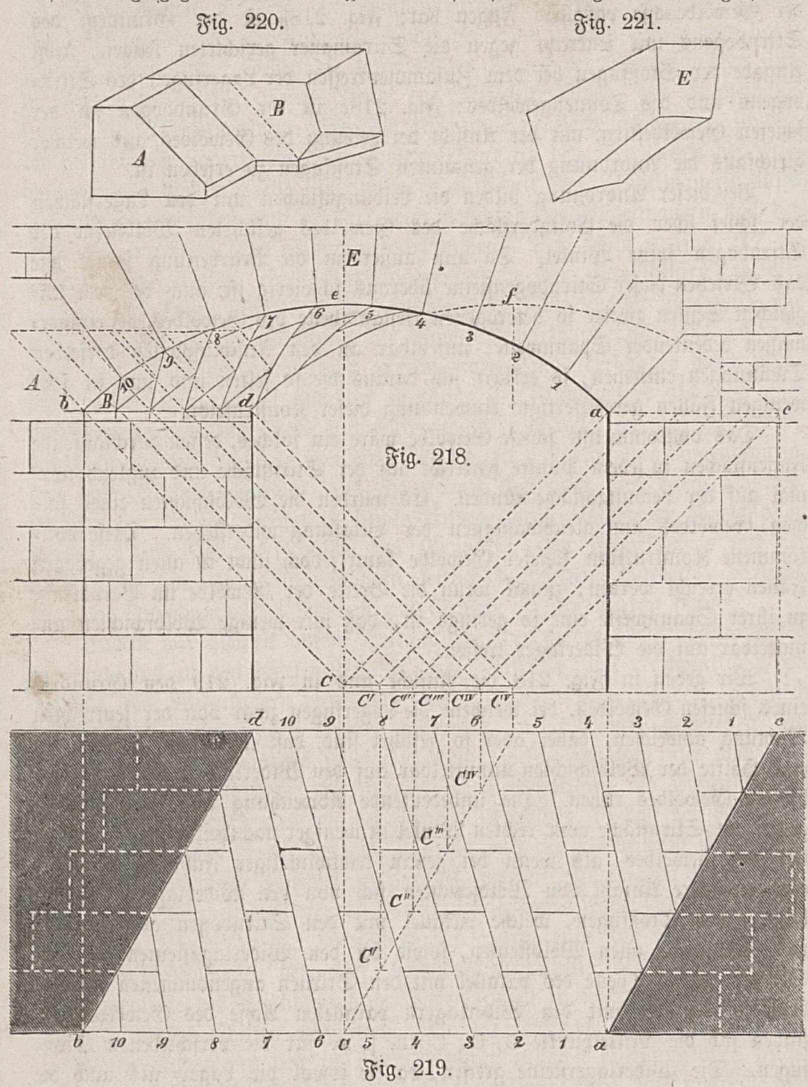


Fig. 219.

bilden die in die Gewölbfläche eingreifenden Reiter. Fig. 220 stellt einen Widerlagerstein an der stumpfwinkeligen Seite der Widerlager und den zu=

nächst diesem befindlichen Reiter dar. Einen Schlußstein der Stirnbogen geben wir in Fig. 221. Die Schnittlinien der gewundenen Schichten bilden Kurven und die Lagerflächen, welche von allen Punkten der Fugen normal auf die durch diese Punkte geführten Grundbogen gerichtet sein müssen, sind windschiefe Flächen. Um die Schnittlinien sowie die wirklichen Breiten der Schichten zu erhalten, muß man die Gewölbfläche abwickeln, das heißt: man muß die wirkliche Größe derselben auf einer ebenen Horizontalfläche ausgebreitet verzeichnen. Trägt man nun die Schnittpunkte der Fugen an den beiden Stirnseiten sowol, als auch jene, welche in die Kämpferlinien der Widerlager fallen, genau an und verbindet die zusammengehörigen Endpunkte der Fugen durch gerade Linien, so erhält man die Fugenschnitte an der Leibung sowie die verschiedenen Breiten der Schichten. Die Fugenschnittlinien an der Abwickelung sind zwar nicht ganz genau gerade Linien; die Krümmung derselben ist aber bei flachen Gewölben so unbedeutend, daß man die geraden Linien ohne Nachtheil als die Fugenschnittlinien annehmen kann. Nach den Schnittlinien der Abwickelung ist es leicht, dieselben in den Musterriß überzutragen und zu verzeichnen. Sind die Fugenschnitte an dem Musterrisse Fig. 218 verzeichnet, so können aus diesem, und aus der im Grundrisse Fig. 219 eingezeichneten Länge der Steine, die einzelnen Steine herausgetragen werden. Immerhin ist die Ausführung schiefer Gewölbe mit gewundenen Schichten schwierig. Bei schiefen Gewölben, deren Grundbogen ein Halbkreis oder eine Ellipse ist, bilden die Fugenschnitte in der Abwickelung der Gewölbfläche keine geraden Linien. Diese krummen Linien werden durch Berechnung bestimmt, nach Gleichungen, welche für jede besondere Form der Gewölbe besonders entwickelt werden müssen.

Da die mathematische Lösung solcher Aufgaben nicht als Gegenstand eines praktischen Handbuches betrachtet werden kann, so verweisen wir auf umfassende Werke über die so wichtige Konstruktion schiefer Gewölbe, von denen wir „Heider, Theorie schiefer Gewölbe, Wien, 1846“ und „F. Bashforth, praktische Anweisung zur Konstruktion schiefer Brücken, Weimar, 1851“ besonders empfehlen.

Weit geringere Schwierigkeit, als die letzterwähnten schiefen Gewölbe mit gewundenen Schichten, bieten die Zonen- oder Gurtgewölbe in der Ausführung dar. Ein solches Gewölbe besteht seiner Breite nach aus mehreren Tonnengewölben, welche neben einander gereiht und nach gleichen Grundbogen gewölbt werden. Diese einzelnen Gurten oder Zonen bilden sowol in der Horizontalebene der Widerlager, als auch in jedem senkrechten Querschnitte gegen die Stirnen, Abtreppungen gegeneinander. Wo diese Abtreppungen Statt finden dürfen, wie dies namentlich beim Brückenbau der Fall ist, wo die Ansicht der Gewölbfläche keinen Schönheitsforderungen Genüge zu leisten hat, verdienen diese Gewölbe in Betracht ihrer Einfachheit und der Leichtigkeit in

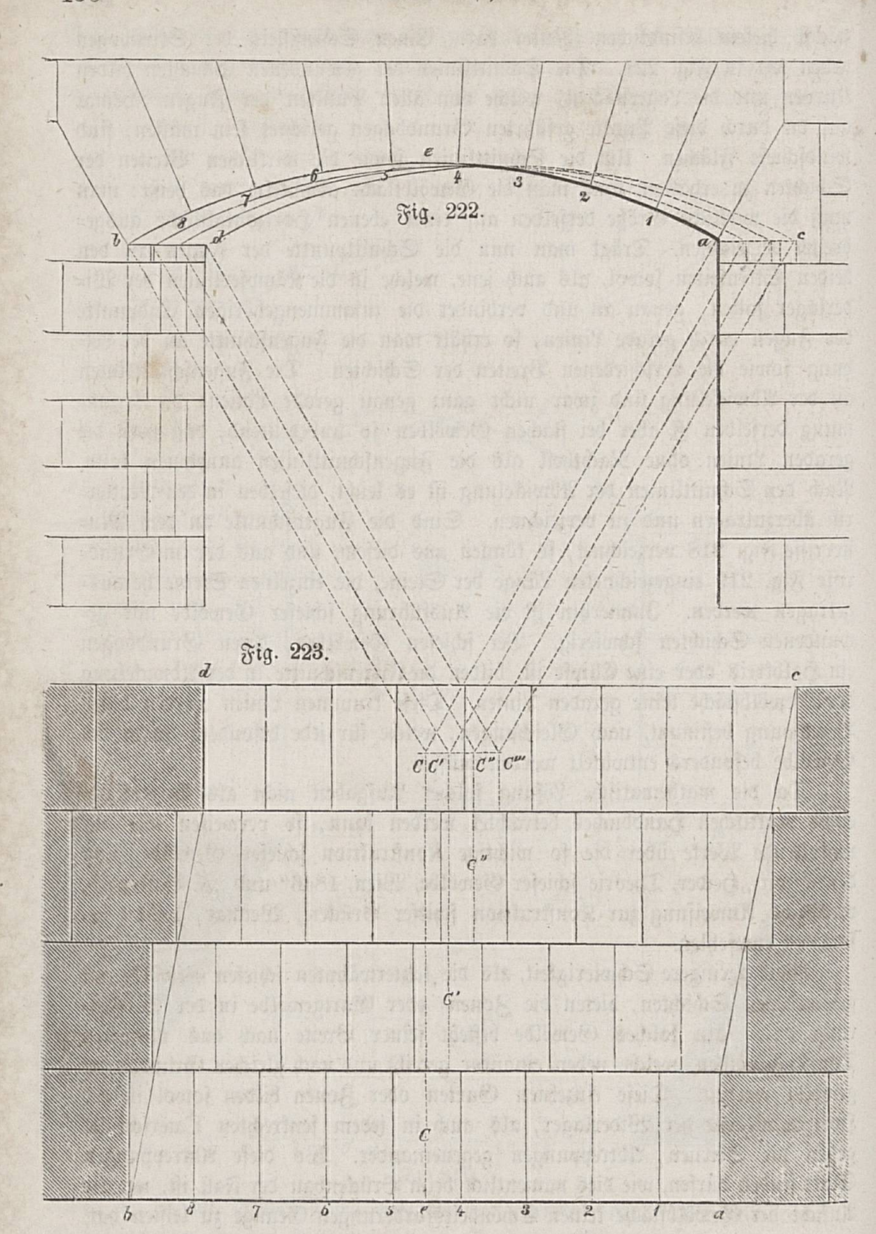


Fig. 222.

Fig. 223.

der Ausführung, vor den in den vorhergehenden Beispielen erwähnten Konstruktionen unbedingt den Vorzug.

Die Fig. 222 giebt die Ansicht und 223 den Grundriß eines solchen Stichbogengewölbes, welches aus vier gleichbreiten Zonen besteht. Zur Vermeidung spitzwinkeliger Ecken an den Stirnmauern sind die Widerlager an den Stirnen bei a und d auf die Breite der Stirnzonen, von deren in die schiefen Kämpferlinien treffenden Hinterkanten aus, rechtwinkelig gegen die Stirn senkrecht abgestutzt. Diese Art von schiefen Gewölben ist so einfach, daß nach Ansicht der Darstellung eines solchen in den Fig. 222 und 223 jede weitere Auseinandersetzung überflüssig erscheint. Da die einzelnen Zonen jede für sich und unabhängig von den andern gewölbt werden, so ist auch nicht geradezu erforderlich, daß ihre Widerlager sich in einer und derselben Horizontalebene befinden. Es können sonach die für jede einzelne Zone in einer Horizontalebene liegenden Widerlager von Zone zu Zone an- oder absteigend angeordnet, und vermittelst dieser Anordnung ohne alle Schwierigkeit an- oder absteigende schiefe Gewölbe hergestellt werden.

Zehnter Abschnitt.

Von den Klostergewölben.

Denkt man sich zwei Tonnengewölbe der Art zur Ueberwölbung eines Rechtecks ABCD nach Fig. 211 im Grundrisse, daß das eine über den Mauern AB und CD und das andere über den Mauern AD und BC angebracht sei, und daß ferner diese zwei Tonnengewölbe sich so durchschneiden, daß die Diagonalen AC und BD die Horizontalprojektionen ihres Durchschnittes sind und die Entstehungslinien der Wölbflächen in derselben Horizontalebene liegen, so entsteht aus dem Zusammentreffen dieser beiden Tonnengewölbe eine Gewölbeart, welche man allgemein Klostergewölbe nennt.

Sind die Durchmesser der sich schneidenden Tonnengewölbe gleich, so sind es die Grundbogen derselben auch; sind alle diese Durchmesser ungleich, so sind es die Grundbogen ebenfalls. Einer der Grundbogen kann willkürlich gegeben sein, der andere aber hängt von dem gegebenen und von der Bedingung ab, daß die Horizontalprojektion des Durchschnittes der beiden Tonnengewölbe die Diagonalen des Rechtecks sind, über welchem das Gewölbe angebracht ist.

Fig. 227.

Fig. 224.

Fig. 226.

Fig. 225.

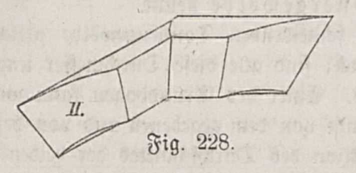


Fig. 228.

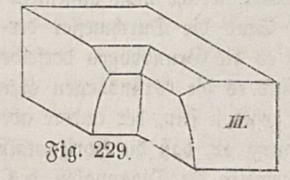


Fig. 229.

Die Theile der Tonnengewölbe, welche in ihrer Zusammensetzung die Klostergewölbe bilden, werden Wangen genannt, und es werden nach diesen charakteristischen Bestandtheilen alle Gewölbe, welche nur aus Wangen von Tonnengewölben bestehen, deren Horizontalprojektionen ihrer Durchschnitte in einem Punkte zusammentreffen, zu den Klostergewölben gezählt. Hiernach kann ein Klostergewölbe über Mauern errichtet werden, deren Grundrisse nach den inneren Seiten des zu überwölbenden Raumes ein regelmäßiges Vieleck von einer beliebigen Anzahl Seiten bilden.

Welches nun das Vieleck des Grundrisses von dem Raume, welcher durch ein Klostergewölbe überwölbt werden soll, sein mag, so müssen die Horizontalprojektionen der jedesmal in einer Horizontalebene liegenden Fugen dieses Gewölbes ähnliche Vielecke bilden, die in einander liegen und deren Seiten parallel sind mit den Widerlagern. Bei der Kuppel, welche nach dem Angeführten als ein Klostergewölbe zu betrachten ist über einem Raume, dessen Umfangsmauern im Grundriß einen Kreis bilden, erscheinen die Horizontalprojektionen der Fugen als konzentrische Kreise.

Als Beispiel eines einfachen Klostergewölbes nehmen wir an, das Rechteck ABCD Fig. 225 sei der Grundriß der inneren Mauerseiten des Raumes, welcher mit einem Klostergewölbe überwölbt werden soll, und der Halbkreis KLM sei der Grundbogen des über den entgegengesetzten Seiten AB und DC zu errichtenden Tonnengewölbes. Wie bereits bekannt, sind die Diagonalen AC und BD die Horizontalprojektionen der Durchschnitte der beiden Tonnengewölbe, aus welchen das Klostergewölbe besteht. Aus dieser Annahme und aus der weiteren Bedingung, daß die Horizontalprojektionen der Fugen ähnliche Rechtecke bilden müssen, die in einander liegen und deren Seiten parallel mit den entsprechenden Widerlagern sind, ergiebt sich die Verzeichnung des Musterrisses. Hat man nämlich den Grundbogen KLM Fig. 224 in so viele gleiche Theile getheilt, als das Gewölbe Schichten enthalten soll, und die Diagonalen durch die AC und BD gebildeten Scheitelwinkel des Rechtecks ABCD gezogen, so fällt man durch Senkrechte auf die Grundlinie KM die Horizontalprojektionen der Fugen an der Bogenleibung des Tonnengewölbes, dessen Grundbogen KLM ist, welche Projektionen zwischen den von den Diagonalen AC und BD gebildeten Scheitelwinkeln AJB enthalten sind; sodann verbindet man die Punkte, wo diese Horizontalprojektionen die Diagonalen AC und BD treffen, durch gerade Linien, welche mit den Geraden AD und BC parallel sind, und verlängert diese unbestimmt, jenseits der Geraden DC. Diese Theile dieser letzteren geraden Linien, welche innerhalb der Scheitelwinkel EJD und BJC liegen, sind die Horizontalprojektionen der Fugen an der Bogenleibung des zweiten Tonnengewölbes. Zieht man nun die Grundlinie SU Fig. 226 parallel mit der Seite DC im Grundriß, und macht über dieser die Ordinaten a′b′, cd′, e′f′, l′L′ beziehungsweise gleich den Ordi=

naten ab, cd, ef, lL des Bogens KLM, und zieht durch die Punkte S, b, d, f, T und U eine stetige krumme Linie, so ist dieselbe der Grundbogen des zweiten Tonnengewölbes. Da wir zum Grundbogen des ersten Tonnengewölbes den Halbkreis angenommen haben, so wird der Grundbogen des zweiten Tonnengewölbes eine halbe Ellipse sein, welche in der Ausführung nach dem bekannten Verfahren vermittelst einer Schnur genau verzeichnet werden kann.

Zieht man hierauf in Fig. 226 durch die Punkte b, d, f u. s. w., welche die Vertikalprojektion der Fugen an der Leibung des zweiten Tonnengewölbes sind, Normale an die Ellipse STU, so erhält man die Fugenschnitte des zweiten Tonnengewölbes.

Ist der Rücken OPQ des ersten Gewölbes bestimmt, so erhält man den Rücken xyzw des zweiten, wenn man die Fugenschnitte an dem Rücken des ersteren in den Grundriß auf dieselbe Weise anträgt und an den Schnittpunkten derselben an den Diagonalen AC und BD die Fugenschnitte des anderen Gewölbes parallel mit den AD und BC zieht, unbestimmt als Senkrechte auf die Grundlinie NU verlängert und oberhalb dieser Grundlinien die Ordinaten der entsprechenden Schnittpunkte der Fugen gleich denen des ersten Bogens macht; sodann werden über die angetragenen Höhenpunkte der Ordinaten Horizontale bis zur entsprechenden Fuge geführt, und wo diese Horizontalen die Fuge schneiden, da befinden sich die Punkte, welche durch eine stetige krumme Linie unter sich verbunden werden, um die Mantelfläche des zweiten Gewölbes zu erhalten.

Es ergiebt sich aus dem angegebenen Verfahren, daß die Horizontalprojektionen der Kanten von den Endpunkten der Fugenschnitte sich nicht auf den beiden Diagonalen AC und BD Fig. 225 durchschneiden, und es ist dies nur dann der Fall, wenn die beiden Tonnengewölbe einander vollkommen gleich sind, das heißt, wenn die Seiten des zu überwölbenden Raumes ein Quadrat oder ein regelmäßiges Vieleck bilden. Wir erhalten demnach erst alsdann die Horizontalprojektionen der Fugenschnitte an der Mauerfläche des zweiten Gewölbes, wenn wir von den gefundenen Schnittpunkten desselben Senkrechte bis zu den Horizontalprojektionen der Fugenschnitte des ersten Gewölbes führen. Verbinden wir nun die Schnittpunkte der äußeren Fugenschnitte durch gerade Linien, so erhalten wir die Horizontalprojektionen der Kanten von den Lagerflächen.

Um die krumme Linie DJB des Durchschnittes der cylindrischen Gewölbflächen zu erhalten, errichtet man Senkrechte auf die Diagonale CD an allen Punkten, wo die Horizontalprojektionen der Kanten an der Wölbfläche diese Diagonalen treffen, macht diese Senkrechten beziehungsweise gleich den Ordinaten a'b', c'd', e'f', l'L' u. s. w. des Bogens MLK, und zieht durch ihre Endpunkte eine stetige krumme Linie, welche nun die verlangte krumme Linie DJ'B des Durchschnittes der beiden Cylinderflächen in der Richtung der Diagonale BD darstellt.

Zum Verzeichnen der Wölbsteine bedient man sich der Abvierung, indem man aus dem Grundriß eine Schablone für die Form und Größe der Steine in ihrer Horizontalausdehnung und weiter aus den Grundbogen der Gewölbe zwei Kopfschablonen herausträgt. Bei Winkelsteinen, welche von den Kanten aus durch Arme in zwei Tonnengewölbe eingreifen, werden zwei Kopfschablonen erforderlich, welche an die entsprechenden Stoßfugen der Arme gelegt werden; bei geraden Wölbsteinen dient dazu nur eine Kopfschablone, welche zur Verzeichnung an beiden Stoßfugen angelegt wird.

Ueber das Verzeichnen und Bearbeiten der Winkelsteine, deren Form aus Fig. 227, 228 und 229, welche drei dieser Wölbsteine für die erste Schichte, die dritte Schichte und im Schlusse darstellen, ersehen werden kann, eine besondere Erklärung zu geben, erscheint überflüssig, da sich die Form dieser Winkelsteine von der Form der geraden Schichtsteine nur dadurch unterscheidet, daß die inneren Flächen der Leibung nicht durchgearbeitet werden, sondern sich im rechten Winkel schneiden, wobei sich in der Bearbeitung die Schnittlinie der beiden Flächen von selbst ergiebt, und nicht besonders herausgetragen zu werden braucht.

Sind die aneinanderstoßenden Seiten eines Rechtecks von einander sehr verschieden, so würde für die langen Seiten ein sehr gedrückter Bogen entstehen, und die Grathbogen der Diagonalbogen würden noch gedrückter erscheinen. Zur Vermeidung dieses Uebelstandes wendet man ein von dem vorher besprochenen Klostergewölbe abweichendes Klostergewölbe an, das aus einem Tonnengewölbe in der Mitte, welches die schmale Seite des Rechtecks zum Durchmesser hat, und aus zwei Walmen von demselben Durchmesser besteht, welche letztere von den schmalen Seiten als Widerlager so errichtet werden, daß die Horizontalprojektionen der Durchschnitte der Walmen mit dem über die langen Seiten errichteten Tonnengewölbe gerade Linien bilden, welche die Winkel, wo die Seiten des Rechtecks zusammenstoßen, halbiren. Zur Unterscheidung werden derartige Klostergewölbe als M u l d e n g e w ö l b e bezeichnet.

Fig. 230 stellt ein solches Gewölbe im rechtwinkeligen Querschnitt gegen die Langseiten und Fig. 231 dasselbe Gewölbe im Grundrisse dar. Nach der Annahme, daß die Horizontalprojektionen der Durchschnitte der Walmen mit dem Tonnengewölbe die rechten Winkel der Mauerecke halbiren, wird der Grundbogen der Walmen derselbe sein, wie der des Tonnengewölbes, so daß die Fugenschnitte der Kappe in der Horizontalprojektion von den Schnittpunkten der Fugenschnitte des Tonnengewölbes an den Horizontalprojektionen der Durchschnitte DI, CI und AF, BF parallel mit den schmalen Seiten AB und CD gezogen werden. Der Musterriß des Tonnengewölbes entspricht zur Hälfte genau dem Musterrisse der Walmen, so daß von dem ersteren die Stirnschablonen für die Stoßfugen der Steine, wie für das Tonnengewölbe so auch für die Walmen, entnommen werden können.

Das Verzeichnen des Musterrisses erklärt sich leicht aus Fig. 230, so daß darüber, sowie über das Heraustragen und Bearbeiten der Grath- und Winkelsteine, weitere Bemerkungen überflüssig erscheinen.

Zuweilen werden große Räume nach einem Klostergewölbe so überwölbt, daß die Walmen im Scheitel eine Oeffnung in der Decke oder eine horizontale Decke selbst umschließen, so daß die Walmen gewissermaßen den Rahmen der horizontalen Decke bilden. Gewölbe dieser Art werden Spiegelgewölbe genannt. Wir geben in Fig. 232 und 233 ein Beispiel von einem Spiegelgewölbe zur Ueberwölbung eines Raumes, welcher im Grundriß ein Quadrat bildet. Der Grundbogen der Tonnengewölbe, welche die Walmen bilden, ist ein Viertelkreis und für alle Seiten ein gleicher, so daß nach dieser Annahme die Horizontalprojektionen der Durchschnitte den rechten Winkel der Mauerecken halbiren. Der Spiegel bildet ein scheitrechtes Gewölbe und ist, zur schärferen Bezeichnung des Umschlusses, etwas vertieft angenommen.

Fig. 230.

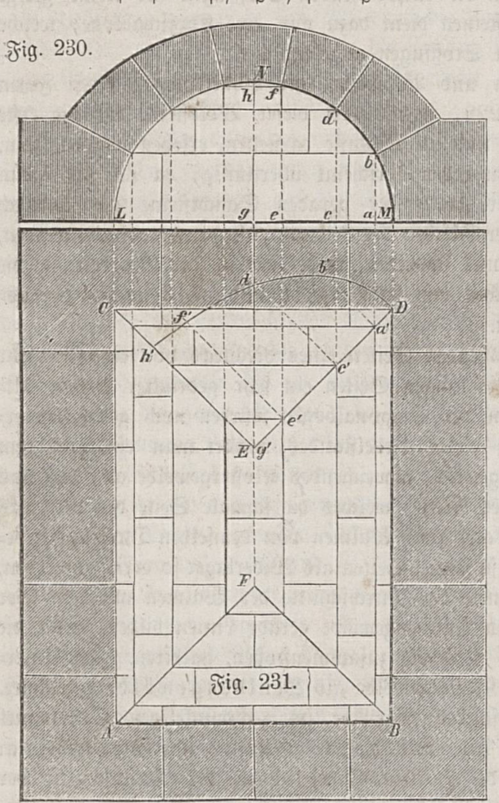


Fig. 231.

Ist die Horizontalprojektion EFGH des Spiegels in Fig. 233 bestimmt, so erhält man den Grundbogen der halben Tonnengewölbe, welche als Klostergewölbe den Spiegel umschließen, wenn man von G und H gegen die, parallel mit der Seite DC anzunehmende Grundlinie LO Fig. 232 Senkrechte fällt und von den Schnittpunkten V, V als Mittelpunkten Viertelkreise beschreibt, deren Durchmesser gleich VL und VO ist. Der zwischen den Senkrechten befindliche Theil MN wird durch eine gerade, mit der Grundlinie LO parallele Linie gebildet, welche entweder durch die Scheitelpunkte der Vertikalkreise, oder, wie in unserem Beispiele, etwas höher geführt wird.

Wie aus Fig. 232, welche den Grundbogen und zugleich den Durch-

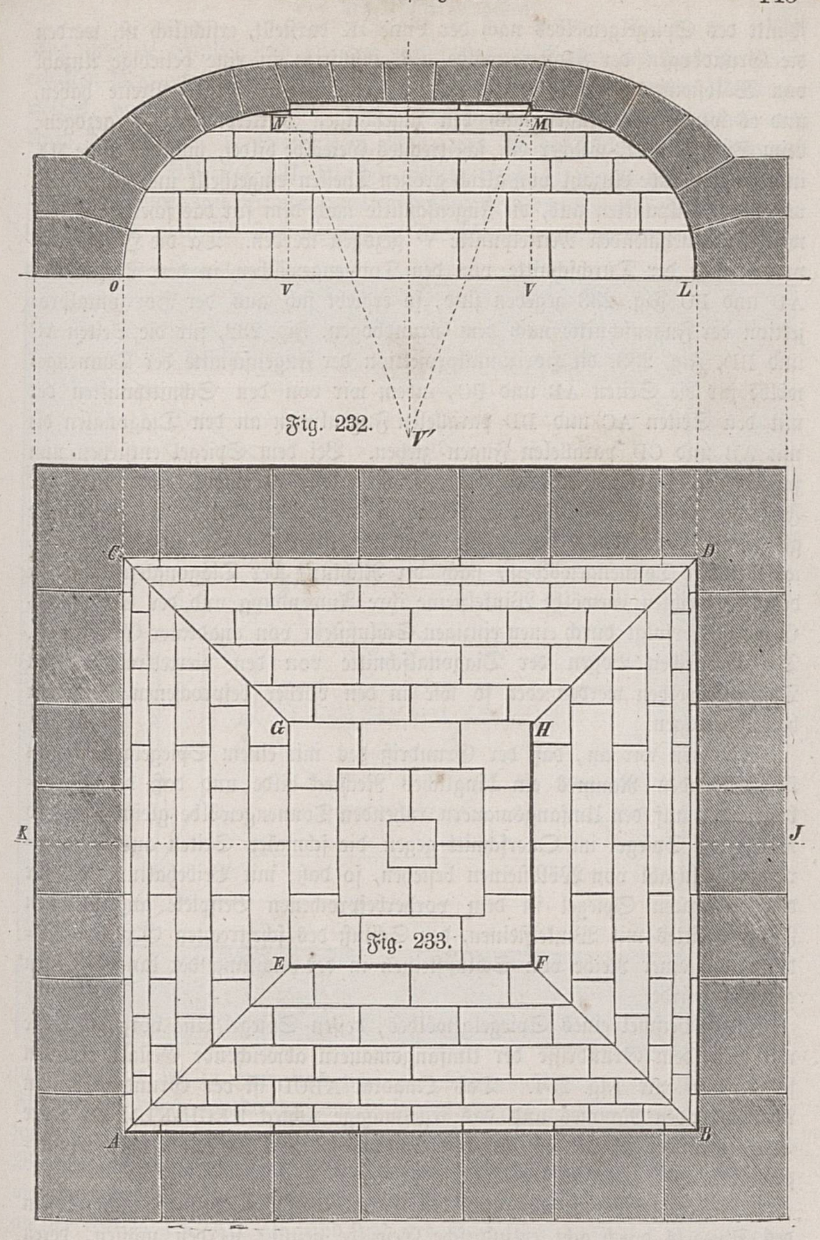


Fig. 232.

Fig. 233.

schnitt des Spiegelgewölbes nach der Linie IK darstellt, ersichtlich ist, werden die Grundbogen der Klostergewölbe als einhüftige in eine beliebige Anzahl von Wölbsteinen getheilt, welche an der Leibung eine gleiche Breite haben, und es werden die Fugen nach den zugehörigen Mittelpunkten V gezogen; beim Spiegel aber, welcher ein scheitrechtes Gewölbe bildet, muß die Linie MN in eine ungerade Anzahl von gleich großen Theilen eingetheilt und es müssen, von den Theilpunkten aus, die Fugenschnitte nach dem für das scheitrechte Gewölbe anzunehmenden Mittelpunkte V′ gezogen werden. Da die Horizontalprojektionen der Durchschnitte von den Tonnengewölben in den Diagonalen AD und BC Fig. 233 gegeben sind, so ergiebt sich aus der Horizontalprojektion der Fugenschnitte nach dem Grundbogen, Fig. 232, für die Seiten AC und BD, Fig. 233, die Horizontalprojektion der Fugenschnitte der Tonnengewölbe für die Seiten AB und BC, indem wir von den Schnittpunkten der mit den Seiten AC und BD parallelen Fugenlinien an den Diagonalen die mit AB und CD parallelen Fugen ziehen. Bei dem Spiegel entstehen nun zwar keine Durchschnitte nach den Diagonalen, gleichwol aber wird der Fugenschnitt des scheitrechten Gewölbes so angeordnet, daß er der zu Grunde gelegten Ueberwölbung vermittelst Walmen entspricht. Es finden demnach, wie bei den Tonnengewölben, nach der Richtung der Diagonalen auch bei dem scheitrechten Gewölbe Winkelsteine ihre Anwendung und der Schluß des Gewölbes erfolgt durch einen einzigen Schlußstein von quadrater Grundform. Die elliptischen Bogen der Diagonalschnitte von den viertelkreisförmigen Tonnengewölben werden eben so wie in den vorher besprochenen Beispielen herausgetragen.

Nehmen wir an, daß der Grundriß des mit einem Spiegelgewölbe zu überwölbenden Raumes ein längliches Rechteck bilde und daß die Grundbogen der auf den Umfangsmauern ruhenden Tonnengewölbe gleich seien, so würde der Spiegel im Querschnitt gegen die schmalen Seiten aus einer geringeren Anzahl von Wölbsteinen bestehen, so daß, mit Beibehaltung des für den quadraten Spiegel in dem vorherbesprochenen Beispiele angewendeten Fugenschnittes mit Winkelsteinen, der Schluß des scheitrechten Gewölbes alsdann aus einer Reihe von Schlußsteinen in der Richtung der langen Seiten gebildet würde.

Als Beispiel eines Spiegelgewölbes, dessen Spiegel eine vorgeschriebene und von dem Grundrisse der Umfangsmauern abweichende Gestalt erhalten soll, geben wir Fig. 234. Das Quadrat ABCD ist der Grundriß des zu überwölbenden Raumes und das regelmäßige Achteck EFGHIKLM der ebene Spiegel in der Mitte des auf den Umfangsmauern zu errichtenden Klostergewölbes.

Es leuchtet bei Betrachtung des Grundrisses ein, daß die acht Seiten des Spiegels durch acht cylindrische Gewölbe gestützt werden müssen, deren

Fugenschnitte parallel sind mit den entsprechenden Seiten des Achtecks. Wir erhalten diese acht Theile des auf den Umfangsmauern ruhenden Klostergewölbes, wenn wir durch die Spitzen A, B, C und D des Quadrats und durch die Spitzen E, F, G, H, I, K, L und M des Achtecks die Geraden AE, AF, BL, BM, CG, CH, DI, DK ziehen, welche die Horizontalprojektionen der Durchschnitte mit den von den Umfangsmauern errichteten Tonnengewölben sind. Denkt man sich jetzt diese Reihe Durchschnitte in den ersteren Gewölben

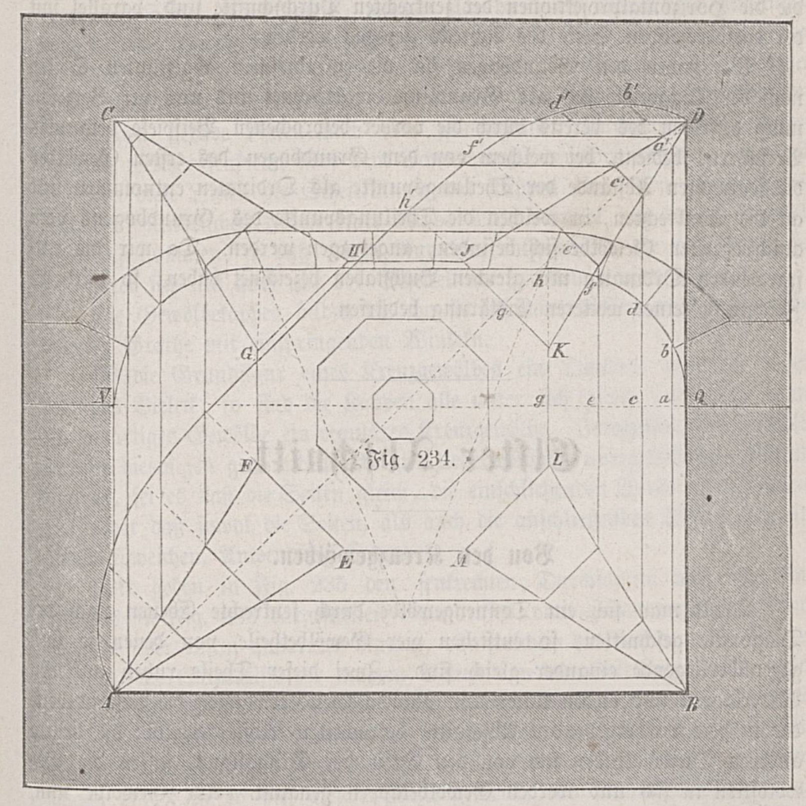


Fig. 234.

und betrachtet sie zu zwei und zwei als Richtungslinien von cylindrischen Flächen, die durch gerade horizontale Linien erzeugt werden, welche parallel sind mit der zugehörigen Seite des Achtecks, so erhält man an den vier Winkeln der ersten Tonnengewölbe gleiche cylindrisch abgestutzte Seiten, welche an den Spitzen A, B, C und D des Quadrates ABCD entstehen und sich an die Seiten EF, GH, IK, und LM des Achtecks E F G H I K L M anschließen.

Hat man nun eine Grundlinie NO parallel mit einer der Seiten des Quadrates angenommen, gegen diese den Grundbogen angetragen, den Musterriß des Gewölbes für die vier Seiten vollendet, und nach diesem, in bereits bekannter Weise, die Fugenschnitte im Grundrisse parallel mit den Seiten des Quadrates gezogen, so ergeben sich die Fugenschnitte an den cylindrischen abgestutzten Seiten, indem sie aus geraden Linien bestehen, welche, von den Schnittpunkten der Fugen der ersteren Gewölbe mit den Seiten der Dreiecke, die die Horizontalprojektionen der senkrechten Durchschnitte sind, parallel mit der entsprechenden Seite des Achtecks gezogen werden.

Wir haben den Grundbogen für die cylindrischen abgestutzten Seiten nach der Diagonale AD als Grundlinie eingezeichnet und uns zur Verzeichnung desselben des bereits durch die vorher besprochenen Beispiele bekannten Verfahrens bedient, bei welchem von dem Grundbogen des ersten Gewölbes die senkrechten Abstände der Theilungspunkte als Ordinaten entnommen und an die Senkrechten, in welchen die Theilungspunkte des Grundbogens vom anschließenden Gewölbe sich befinden, angetragen werden. Da wir die entsprechenden Ordinaten mit gleichen Buchstaben bezeichnet haben, so wird die Zeichnung keiner weiteren Erklärung bedürfen.

Elfter Abschnitt.

Von den Kreuzgewölben.

Denkt man sich ein Tonnengewölbe durch senkrechte Ebenen nach der Diagonale geschnitten, so entstehen vier Gewölbetheile, von denen je zwei gegenüberliegende einander gleich sind. Zwei dieser Theile ruhen auf den Widerlagern und bilden unter dem Namen Gewölbewangen die Bestandtheile der in dem vorhergehenden Abschnitte betrachteten Klostergewölbe; die beiden anderen Theile erheben sich von den Ecken der Grundfigur, fassen die Gewölbstirn in sich und werden Gewölbekappen genannt. Alle Gewölbe nun, welche aus Gewölbekappen zusammengesetzt sind, die sich von den Ecken des zu überwölbenden Raumes erheben und deren Stirnen sich an die Umfangsmauern anschließen oder vermittelst besonderer offener Stirnbogen abgeschlossen sind, werden Kreuzgewölbe genannt.

Wie bei den Klostergewölben, so ist auch bei den Kreuzgewölben der Grundbogen des einen Tonnengewölbes abhängig von dem Grundbogen des andern.

Ein Kreuzgewölbe besteht aus so vielen Gewölbekappen, als die Grundfigur des zu überwölbenden Raumes Seiten hat. Alle Gewölbekappen entstehen auf der nämlichen Horizontalebene. Die Horizontalprojektionen der Achsen der Tonnengewölbe, von denen die Kappen Bestandtheile ausmachen, schneiden sich alle in einem Punkte, welcher zugleich der Schwerpunkt der Grundfigur ist, und die Horizontalprojektion des Durchschnitts zweier aneinanderschließenden Kappen ist eine gerade Linie, welche durch den Punkt, wo alle Horizontalprojektionen der Achsen der Tonnengewölbekappen sich treffen, und durch die Spitze des Winkels, welcher sich durch die Seiten der Umfangsmauern oder Bogen bildet, gezogen wird.

Nach dieser Annahme haben die Stirnbogen der Kappen eines Kreuzgewölbes eine gleiche Scheitelhöhe. Zieht man von den Scheitelpunkten der Stirnbogen gerade Linien nach dem gemeinsamen Durchschnittspunkte der Kappen, welcher senkrecht über dem Schwerpunkte der Grundfigur gelegen ist, so stellen diese Linien die Scheitellinien der Kappen dar. Die Entstehungslinie der cylindrischen Fläche einer Kappe wird parallel mit deren Scheitellinie angenommen, so daß, dieser Annahme entsprechend, die Lagerfugen sowol unter sich als auch mit der Scheitellinie parallele Linien bilden.

Die Gewölbekappen bilden da, wo sie zusammentreffen, an der Gewölbeleibung Grathe mit einspringenden Winkeln.

Ist die Grundfigur eines Kreuzgewölbes ein Quadrat oder ein regelmäßiges Vieleck, so sind die Kappen alle unter sich gleich und man nennt ein derartiges Gewölbe ein reguläres Kreuzgewölbe. Irreguläre Kreuzgewölbe werden diejenigen genannt, welche zur Ueberwölbung unregelmäßiger Grundfiguren, sei es daß die Seiten gleich, die einschließenden Winkel aber ungleich sind, oder daß sowol die Seiten, als auch die anschließenden Winkel von einander abweichen, Anwendung finden.

Wir geben in Fig. 235 den senkrechten Durchschnitt nach der Linie EF des in Fig. 236 dargestellten Grundrisses von einem regulären Kreuzgewölbe über einem quadraten Raume, von welchem die Geraden AB, CD, AC und BD die Grundrisse der inneren Seiten von den Gurtbogen sind, welche das Kreuzgewölbe an den Stirnen abschließen. Die Diagonalen AD und BC sind die Horizontalprojektionen der Durchschnitte der beiden Tonnengewölbe, aus deren Kappen das Kreuzgewölbe gebildet wird. Hat man den Grundbogen UWX in so viel gleiche Theile getheilt, als man Wölbschichten angenommen, von den Theilungspunkten Senkrechte gegen die parallel zur Seite CD gezogene Grundlinie UW gefällt und diese Senkrechten unbestimmt verlängert, so stellen dieselben innerhalb der Diagonalen die Fugenschnitte der Kappen ABI und CDI dar. Zieht man, wo diese Schnitte die Diagonalen AD und BC treffen, parallel mit der Achse FE des anderen Tonnengewölbes gerade Linien bis zu den Seiten AC und BD, so sind diese die Fugenschnitte

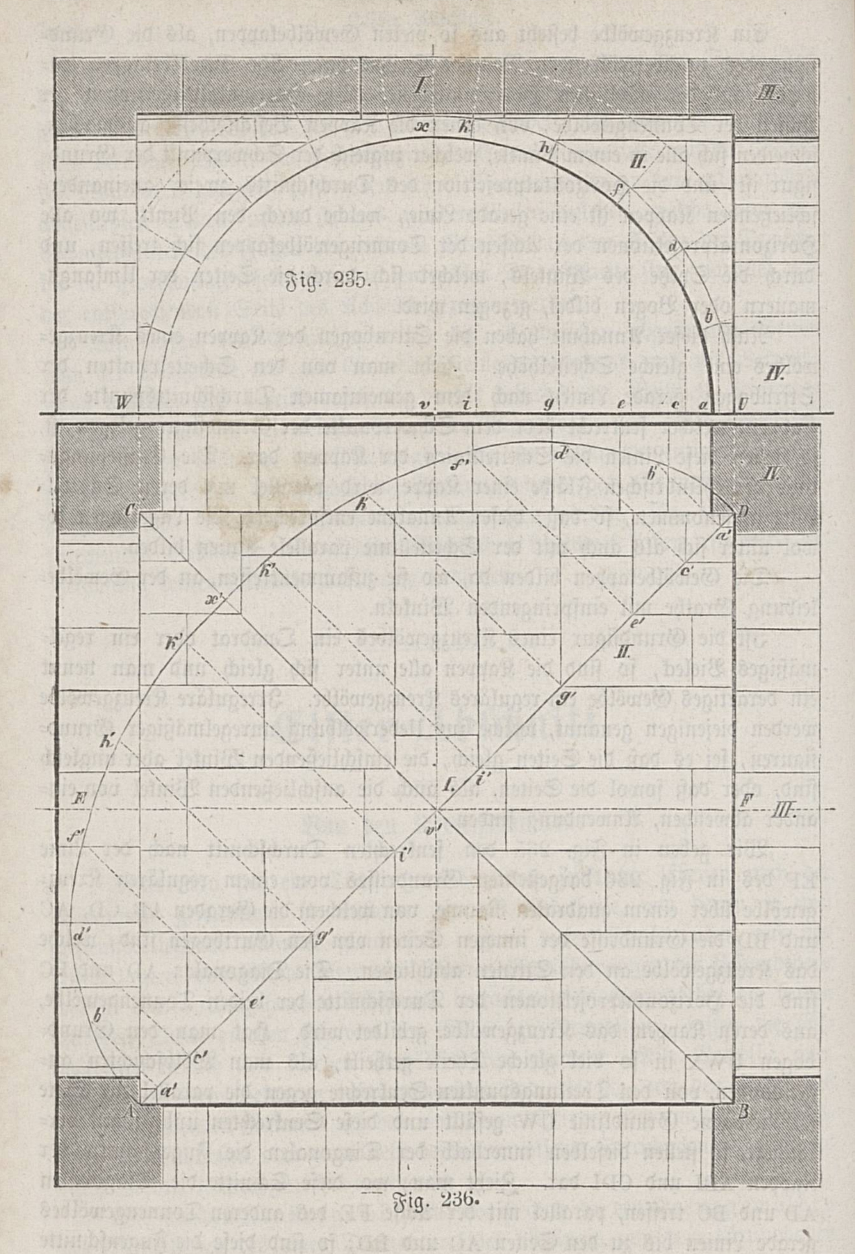


Fig. 235.

Fig. 236.

der Kappen, welche Theile dieses Tonnengewölbes bilden. Da die vier Seiten gleich sind, so sind es auch die Grundbogen der Kappen, so daß der in Fig. 235 dargestellte Musterriß des über den Seiten AC und BD errichteten Tonnengewölbes auch als Musterriß des über den Seiten AB und CD errichteten Tonnengewölbes betrachtet werden kann.

Da wir zum Grundbogen einen aus V beschriebenen Halbkreis angenommen haben, welcher die Vertikalprojektion der Achse des über den Seiten AC und BD errichteten Tonnengewölbes darstellt, so würden die Grathbogen nach den Diagonalen AD und BC halbe Ellipsen bilden. Wir erhalten diese Grathbogen, wenn wir von den Schnittpunkten der Fugen an den Diagonalen Senkrechte errichten und an diesen die Ordinaten a'b' gleich machen den Ordinaten des Grundbogens ab, ebenso c'd' gleich cd u. s. w., und sodann über die Punkte b'd'f'h' u. s. w. eine stetige krumme Linie ziehen.

Die Grathlinien der Lagerflächen, welche sich in den über die Diagonale geführten senkrechten Ebenen schneiden, sind nicht normal auf den Grathbogen gerichtet, ihre Richtung ist vielmehr der Art, daß sie alle verlängert in dem Durchschnitte I der beiden Gewölbeachsen zusammentreffen. Die in der Richtung der Gewölbegrathe vorkommenden Wölbsteine greifen vermittelst Haken oder Winkel in die sich schneidenden Kappen ein, und der Schlußstein verbindet vermittelst eingreifender Haken nach der Richtung der vier Schlußsteinschichten die zunächst anschließenden Grathsteine unter sich zu einem zusammenhängenden Gewölbekörper. Alle in einer Gewölbekappe vorkommenden Stoßfugen werden rechtwinkelig gegen die unter sich und mit der Scheitellinie parallelen Lagerfugen geschnitten.

Wir haben in unserem Beispiele angenommen, daß die das reguläre Kreuzgewölbe an den Stirnseiten abschließenden Gurtbogen zwar an der Bogenleibung vor die Gewölbefläche treten, jedoch der Art mit dem Gewölbe verbunden sind, daß die Lagerflächen der Gurtbogensteine mit den Lagerflächen der in gleicher Höhe vorkommenden Wölbsteine in einer Ebene liegen, und daß die Gurtbogensteine mit wechselnden Stoßfugen in die anstoßenden Gewölbekappen übergreifen und mit diesen verbunden sind.

Wie die Kreuzgewölbesteine herausgetragen und bearbeitet werden, kann nach dem, was bereits an anderen Orten über das Heraustragen und Bearbeiten ähnlicher Steinformen angeführt worden, füglich der Einsicht des aufmerksamen Lesers überlassen werden. Es wird genügen, durch perspektivische Darstellung einzelner Gewölbsteine in Fig. 237 bis 240 auf deren Verzeichnen und Bearbeiten hinzulenken. Fig. 237 giebt den mit I im Grund- und Aufriß bezeichneten Schlußstein des Kreuzgewölbes; Fig. 238 stellt den mit II bezeichneten Grathstein vor; Fig. 239 den Schlußstein eines Gurtbogens mit seinem in das Kreuzgewölbe eingreifenden Theil, welcher

mit III bezeichnet ist, und in Fig. 240 ist ein Gewölbeanfänger gegeben, welcher zugleich den Anfänger zweier Gurtbogen bildet.

Beim Hochbauwesen kommt es häufig vor, daß die Kreuzgewölbe sowol, als auch die zum Abschluß derselben dienenden Gurtbogen, aus Backsteinen gemauert werden, und daß nur die Anfänger der Bogen und Kreuzgewölbe aus Hausteinen bestehen. Die Höhe eines derartigen Kreuzgewölbeanfängers hängt von der Stärke des Kreuzgewölbes ab, indem die Lagerflächen derjenigen Theile des Anfängers, welche die von den Kämpferpunkten sich erhebenden Gewölbeanfänger bilden, eine Breite haben müssen, welche der Stärke des Kreuzgewölbes gleich ist, um von diesen Lagerflächen aus die Mauerung der Kappen beginnen zu können. Die Form derartiger Kreuzgewölbeanfänger richtet sich nun eines Theils nach der erwähnten Anforderung in Bezug auf die Mauerung der Gewölbe, andern Theils aber auch nach der Form der Stützpfeiler und der entsprechenden Anordnung der Gurtbogen.

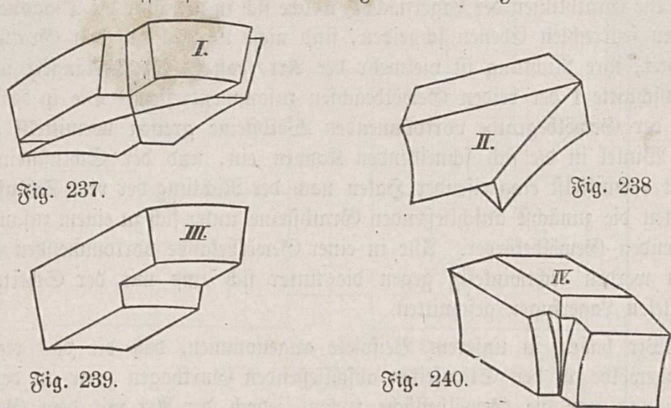
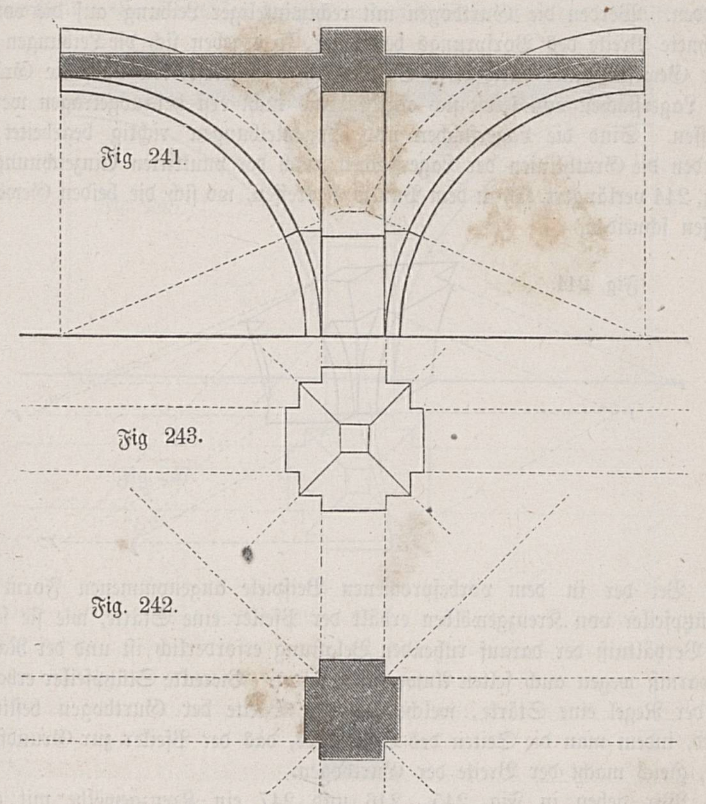


Fig. 237. Fig. 238

Fig. 239. Fig. 240.

Nehmen wir an, der Stützpfeiler eines Kreuzgewölbes, Fig. 241, sei im Grundriß, Fig. 242, so gebildet, daß an den vier Seiten des quadraten Kernes Lissenen angebracht sind, deren Vorsprung gleich ist dem Vorsprung der Gurtbogen an der Leibung des Gewölbes. Mit Beibehaltung eines gleichen Vorsprungs der Gurtbogen werden die Leibungen der Gurten und der anschließenden Kappen in der Ansicht Fig. 241, welche zugleich einen Durchschnitt im Scheitel darstellt, konzentrische Kreise bilden. Beschreiben wir nun einen Kreisbogen, welcher nach der einmal bestimmten Stärke des Kreuzgewölbes nach der punktirten Einzeichnung in Fig. 241 den Mantel desselben darstellt, bis er die senkrechte Stirnseite schneidet, so bezeichnet uns der Schnittpunkt die Stelle, über welche die Lagerfläche gezogen werden muß, wenn sie die der Stärke des Gewölbes entsprechende Auflage darbieten soll. Die über den gefundenen Punkt nach den entsprechenden Gewölbeachsen geführten Lager-

flächen werden zugleich als Lagerflächen für die Gurtbogen durchgeführt, durch deren Stärke, welche ebenfalls punktirt eingezeichnet ist, ihre Ausdehnung bestimmt wird. Da wir hier ein reguläres Kreuzgewölbe angenommen haben, so werden die Lagerflächen für die vier Gurtbogen, welche sich von demselben Gewölbeanfänger erheben, einen gleichen Centriwinkel einschließen. Die Lagerflächen des Gewölbeanfängers, welcher in Fig. 243 im Grundriß dargestellt ist, schneiden sich nach der Richtung der Diagonalen, welche die Horizontal=

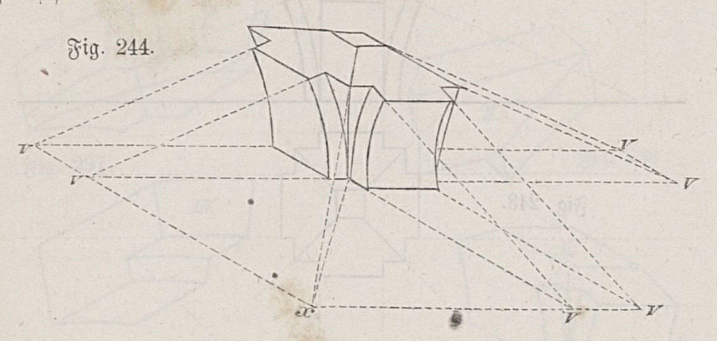


projektionen der senkrechten Ebenen darstellen, in welchen die Gewölbekappen zusammentreffen, und bilden bis zu der horizontalen Abstumpfung, welche durch die oberen Kanten der Lagerfugen für die Gurtbogen begrenzt wird, Gräthe mit vorstehenden Winkeln.

Die Form des Kreuzgewölbeanfängers wird aus der perspektivischen Darstellung desselben in Fig. 244 deutlich ersehen werden können. Wir haben bei dieser perspektivischen Darstellung in punktirten Linien angegeben, wie die

Lagerflächen bei der Bearbeitung durch das Anlegen von Richtscheiten versehen und in Bezug auf ihre Richtigkeit geprüft werden. Werden bei der Bearbeitung auf die untere Lagerfläche Richtscheite nach den vorgezeichneten Linien der Gurtbogen angelegt und an diesen Richtscheiten die Mittelpunkte V für die in die Stirnseite treffenden Bogen durch Stifte bezeichnet, so können von diesen Mittelpunkten aus die Bogenlinien vermittelst eines zweiten Richtscheites oder einer Schnur vorgezeichnet und nach dieser Vorzeichnung bearbeitet werden. Werden die Gurtbogen mit rechtwinkeliger Leibung auf die vorgezeichnete Breite des Vorsprungs bearbeitet, so ergeben sich die Leibungen der vier Gewölbezwickel durch diese Bearbeitung von selbst, wie auch die Gräthe der Lagerflächen von selbst sich ergeben und nicht erst herausgetragen werden müssen. Sind die Lagerflächen und Bogenleibungen richtig bearbeitet, so werden die Grathlinien der Lagerflächen, nach der punktirten Einzeichnung in Fig. 244 verlängert, sich in dem Punkte V treffen, wo sich die beiden Gewölbeachsen schneiden.

Fig. 244.



Bei der in dem vorbesprochenen Beispiele angenommenen Form der Stützpfeiler von Kreuzgewölben erhält der Pfeiler eine Stärke, wie sie selten im Verhältniß der darauf ruhenden Belastung erforderlich ist und der Raumersparniß wegen auch selten Anwendung findet. Viereckte Stützpfeiler erhalten in der Regel eine Stärke, welche durch die Breite der Gurtbogen bestimmt wird, indem man die Seiten des Quadrates, das der Pfeiler zur Grundfigur hat, gleich macht der Breite der Gurtbogen.

Wir geben in Fig. 245, 246 und 247 ein Kreuzgewölbe mit quadratem Stützpfeiler, jedoch mit Beibehaltung vorspringender Gurtbogen. Wie aus Fig. 245, welche die Ansicht und zugleich den Durchschnitt im Scheitel eines solchen Kreuzgewölbes darstellt, ersichtlich ist, entwickeln sich die Gurtbogenvorsprünge erst über der quadraten Sohle des Bogenanfängers, und die Zwickel der Kreugewölbe erheben sich nicht unmittelbar von der Sohle, vielmehr liegen die Kämpferpunkte der Kappen des Kreuzgewölbes höher und werden durch die Schnittpunkte der von der Leibung der Gurtbogen zurück=

gesetzten Leibung des Kreuzgewölbes mit den senkrechten Stirnseiten bestimmt. Die Höhe des Gewölbeanfängers ergiebt sich, wie in dem vorigen Beispiele, aus der Stärke des Kreuzgewölbes, welche an dem Grundbogen nach der punktirten Einzeichnung eben so wie die Stärke der Gurtbogen in konzentrischen Kreisen angetragen wird. Von den Schnittpunkten der Kreise, welche die Mantelflächen der Kreuzgewölbekappen darstellen, mit den Senkrechten, welche die Projektionen der Stirnseiten sind, werden die Lagerfugen nach den entsprechenden Gewölbeachsen gezogen und rückwärts bis zu den Schnittpunkten

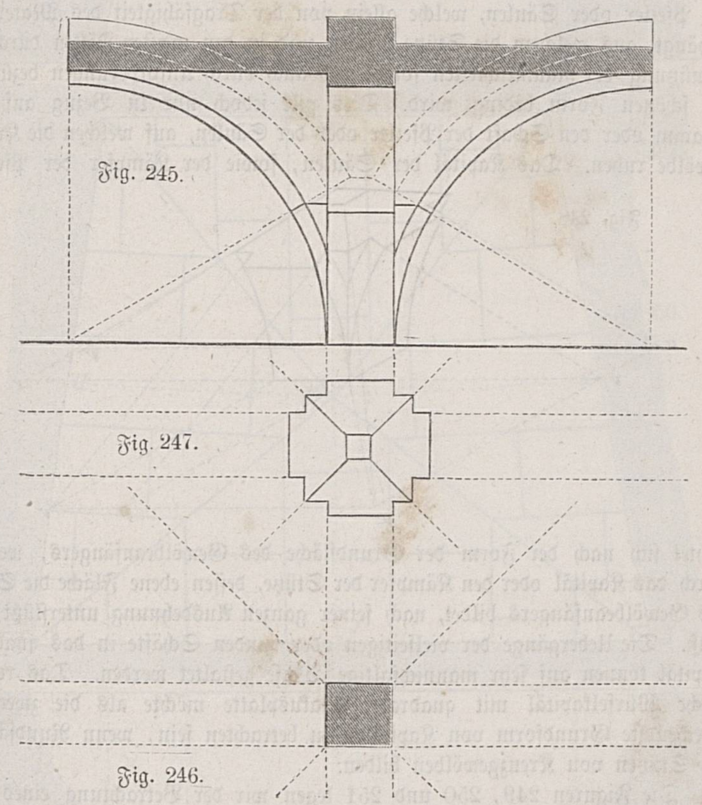

Fig. 245.

Fig. 247.

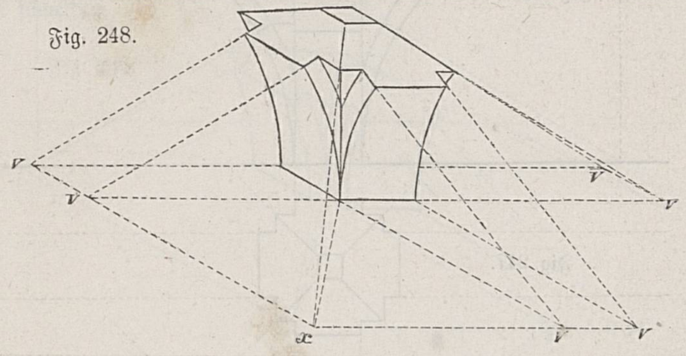
Fig. 246.

der Kreisbogen verlängert, welche die Projektionen der Mantelflächen von den Gurtbogen sind. Diese letzteren Schnittpunkte bestimmen die Gesammthöhe des Gewölbeanfängers, welcher horizontal abgeglichen wird.

Fig. 246 giebt den Grundriß des Pfeilers mit punktirter Einzeichnung der von demselben ausgehenden Gurtbogen und der Gräthe der Kreuzgewölbe. Der in Fig. 247 gegebene Grundriß des Gewölbeanfängers ist von dem in dem

vorherbesprochenen Beispiele sehr wenig verschieden. Aus Fig. 248, welche die in Fig 245 geometrisch gezeichnete Ansicht des Gewölbeanfängers perspektivisch darstellt, wird die abweichende Gestalt desselben von der des Anfängers in dem vorhergehenden Beispiele Fig. 244 deutlich zu ersehen sein. Die Form des Gewölbeanfängers nach Fig. 248 bleibt dieselbe, auch wenn der Stützpfeiler nicht die in unserem Beispiele angenommene einfache Quadratform zum Grundrisse hat. Wie die Form eines Pfeilers oder einer Säule ganz unabhängig ist von der Form des Gewölbeanfängers, so ist es auch die Stärke der Pfeiler oder Säulen, welche allein von der Tragfähigkeit des Materials abhängt, aus welchem die Stütze besteht, und in den meisten Fällen durch die Benützung der Räumlichkeiten sowol als auch durch Anforderungen bezüglich der schönen Form bedingt wird. Dies gilt jedoch nur in Bezug auf den Stamm oder den Schaft der Pfeiler oder der Säulen, auf welchen die Kreuzgewölbe ruhen. Das Kapitäl der Säulen, sowie der Kämpfer der Pfeiler,

Fig. 248.



richtet sich nach der Form der Grundfläche des Gewölbeanfängers, welcher durch das Kapitäl oder den Kämpfer der Stütze, dessen ebene Fläche die Sohle des Gewölbeanfängers bildet, nach seiner ganzen Ausdehnung unterstützt sein muß. Die Uebergänge der vielseitigen oder runden Schäfte in das quadrate Kapitäl können auf sehr mannichfaltige Weise gestaltet werden. Das romanische Würfelkapitäl mit quadrater Abakusplatte möchte als die zweckentsprechendste Grundform von Kapitälen zu betrachten sein, wenn Rundsäulen die Stützen von Kreuzgewölben bilden.

Die Figuren 249, 250 und 251 legen wir der Betrachtung eines unregelmäßigen Kreuzgewölbes zu Grunde. Nehmen wir die geraden Linien AB, BD, DC und AC des unregelmäßigen Vierecks in Fig. 250 als die inneren Mauerseiten des mit einem Kreuzgewölbe zu überdeckenden Raumes an, so haben wir vorerst den Punkt E zu bestimmen, in welchem die Geraden AE, BE, DE und CE schneiden, welche die Horizontalprojektionen der senkrechten Ebenen darstellen, in denen die Kappen der Tonnengewölbe zusam=

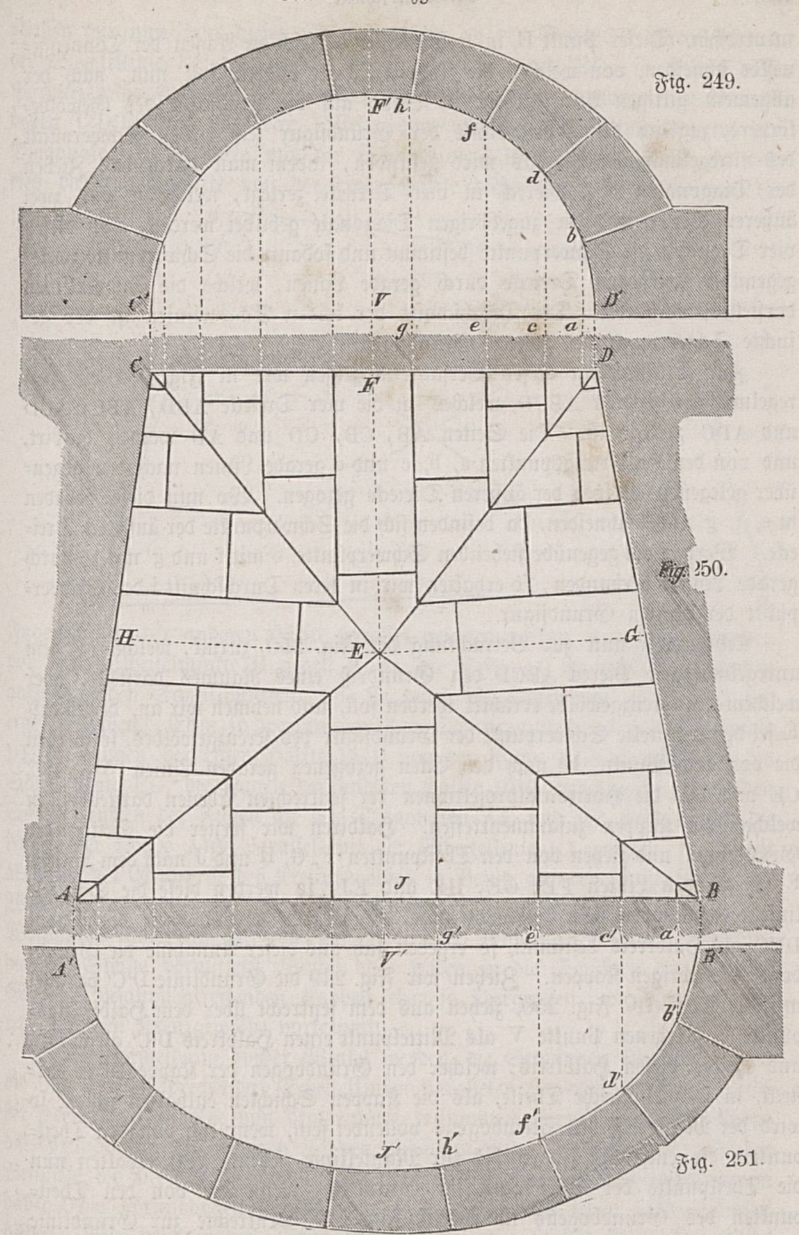


Fig. 249.

Fig. 250.

Fig. 251.

mentreffen. Dieser Punkt E, in welchem sich zugleich die Achsen der Tonnengewölbe schneiden, von welchen die Kappen Theile bilden, soll nun, nach der allgemein giltigen Anforderung in Bezug auf die Stabilität des Gewölbekörpers, zugleich der Schwerpunkt der Grundfigur sein. Der Schwerpunkt des unregelmäßigen Vierecks wird gefunden, indem man durch das Ziehen der Diagonalen das Viereck in vier Dreiecke zerlegt, welche je von zwei äußeren Seiten und der zugehörigen Diagonale gebildet werden, von diesen vier Dreiecken die Schwerpunkte bestimmt und sodann die Schwerpunkte zweier gegenüber gelegenen Dreiecke durch gerade Linien, welche die Schwerlinien darstellen, verbindet. Der Durchschnitt der beiden Schwerlinien ist der gesuchte Schwerpunkt der ganzen Grundfigur.

Zur Erläuterung dieses Verfahrens zeigen wir in Fig. 252 ein unregelmäßiges Viereck ABCD, welches in die vier Dreiecke ABD, ABC, ACD und ADC zerlegt ist. Die Seiten AB, CB, CD und AD werden halbirt, und von den Halbirungspunkten a, b, c und d gerade Linien nach den gegenüber gelegenen Spitzen der äußeren Dreiecke gezogen. Wo nun diese Geraden in e, f, g und h schneiden, da befinden sich die Schwerpunkte der äußeren Dreiecke. Werden die gegenüberstehenden Schwerpunkte, e mit f und g mit h, durch gerade Linien verbunden, so erhalten wir in deren Durchschnitt i den Schwerpunkt der ganzen Grundfigur.

Kehren wir nun zur Betrachtung der Fig. 250 zurück, welche in dem unregelmäßigen Viereck ABCD den Grundriß eines Raumes darstellt, über welchem ein Kreuzgewölbe errichtet werden soll, und nehmen wir an, der Punkt E sei der ermittelte Schwerpunkt der Grundfigur des Kreuzgewölbes, so werden die von dem Punkte E nach den Ecken gezogenen geraden Linien AE, BE, CE und DE die Horizontalprojektionen der senkrechten Ebenen darstellen, in welchen die Kappen zusammentreffen. Halbiren wir ferner die Seiten der Grundfigur und ziehen von den Theilpunkten F, G, H und J nach dem Punkte E die geraden Linien FE, GE, HE und EJ, so werden diese die Scheitellinien der Kappen sein. Gesetzt nun, es sei der Grundbogen der Kappe DEC als Halbkreis bestimmt, so ergeben sich aus dieser Annahme die Grundbogen der übrigen Kappen. Ziehen wir Fig. 249 die Grundlinie D'C' parallel mit der Seite DC Fig. 250, ziehen aus dem senkrecht über dem Halbirungspunkte F gelegenen Punkte V als Mittelpunkt einen Halbkreis D'C' gleich CD, und theilen diesen Halbkreis, welcher den Grundbogen der Kappe DCE darstellt, in so viel gleiche Theile, als die Kappen Schichten enthalten sollen, so wird der Musterriß des Stirnbogens vollendet sein, wenn wir von den Theilpunkten die centrischen Fugen bis zur Mantellinie ziehen. Wir erhalten nun die Theilpunkte der Stirnbogen im Grundriß, wenn wir von den Theilpunkten des Grundbogens im Aufriß Fig. 249 Senkrechte zur Grundlinie D'C' führen und diese Senkrechten bis zur Seite CD Fig. 250 verlängern.

Ziehen wir nun von diesen Schnittpunkten an der Seite CD Parallele mit der Scheitellinie EF bis zu den Diagonalen EC und ED, so stellen diese Parallelen die Fugenschnitte der Kappe CDE nach dem angenommenen Grundbogen C'D'F' Fig. 249 dar. Ziehen wir von den Schnittpunkten an der Diagonale CE Parallele mit der Scheitellinie EH der Kappe ACE, so sind dies die Fugenschnitte von der einen Hälfte dieser Kappe, mit welchen die

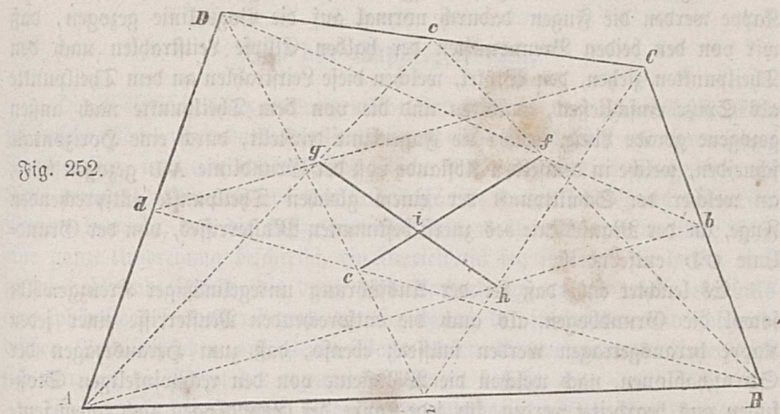


Fig. 252.

Fugenschnitte der anderen Hälfte parallel gezogen werden, und zwar nach den von dem Scheitelpunkte H gegen A an die Seite AC in gleichen Abständen anzutragenden Schnittpunkten, wie sie durch die Fugen von H nach C sich ergeben haben. Eben so werden von den Schnittpunkten an der Diagonale DE die Fugen der einen Hälfte EGD von der Kappe BDE parallel mit der Scheitellinie EG, die Fugen der anderen Hälfte BEG angetragen. Aus den Schnittpunkten der Fugen an den Diagonalen AE und BE werden nun die Fugen der Kappe ABE parallel mit der Scheitellinie EJ gezogen, und es ist alsdann der Grundriß des Kreuzgewölbes in Bezug auf den Fugenschnitt der Wölbschichten vollendet. Die Anordnung der Stoßfugen für die einzelnen Wölbsteine richtet sich darnach, daß die in der Richtung der Gräthe vorkommenden Steine vermittelst Winkel oder Haken in die Schichten der, an den Gräthen zusammentreffenden Kappen eben so übergreifen, wie dies bei dem regelmäßigen Kreuzgewölbe vorkommt.

Zur Vermeidung spitzer Winkel werden die Stoßfugen senkrecht gegen die mit den entsprechenden Scheitellinien parallelen Lagerfugen gezogen. Da bei jedem Kreuzgewölbe von dem einmal bestimmten Grundbogen einer Kappe die Grundbogen der übrigen Kappen abhängig sind, so werden in unserem Beispiele, wo wir den Grundbogen der Kappe DCE als Halbkreis angenommen haben, die Grundbogen der Kappen ACE; ABE und BDE halbe Ellipsen bilden. Wir erhalten diese Grundbogen, wenn wir, wie in Fig. 251, welche

den Grundbogen der Kappe ABE darstellt, angegeben ist, von den Schnittpunkten der Fugen Senkrechte gegen die Seiten errichten, an diesen Senkrechten beziehungsweise die aus dem zuerst bestimmten Grundbogen zu entnehmenden Linien a', b', c', d', e', f', g', h' u. s. w. gleich machen den Ordinaten ab, cd, ef, gh u. s. w. und über die Punkte B', b', d', e', f' u. s. w. eine stetige krumme Linie ziehen. Zur Vollendung des Musterrisses einer Kappe werden die Fugen dadurch normal auf die Bogenlinie gezogen, daß wir von den beiden Brennpunkten der halben Ellipse Leitstrahlen nach den Theilpunkten ziehen, den Winkel, welchen diese Leitstrahlen an dem Theilpunkte als Spitze einschließen, halbiren und die von dem Theilpunkte nach außen gezogene gerade Linie, welche die Fugenlinie darstellt, durch eine Horizontale schneiden, welche in demselben Abstande von der Grundlinie A'B gezogen wird, an welcher der Schnittpunkt der einem gleichen Theilpunkte entsprechenden Fuge, an der Mantellinie des zuerst bestimmten Musterrisses, von der Grundlinie C'D' entfernt ist.

Es leuchtet ein, daß bei der Ausführung unregelmäßiger Kreuzgewölbe sowol die Grundbogen als auch die entsprechenden Musterrisse einer jeden Kappe herausgetragen werden müssen; ebenso, daß zum Heraustragen der Stirnschablonen, nach welchen die Wölbsteine von den rechtwinkeligen Stoßfugen aus bearbeitet werden, für jede Kappe der Grundbogen nach einem senkrechten Durchschnitt einer rechtwinkelig gegen die Scheitellinie geführten Ebene herausgetragen werden muß.

Weitere Beispiele von unregelmäßigen Kreuzgewölben anzuführen, halten wir bei dem vorgeschriebenen beschränkten Umfange unseres Handbuches für nicht gerechtfertigt, und schließen wir unseren Abschnitt in der Erwartung, daß der aufmerksame und einsichtsvolle Leser in der Kenntniß der Regeln des Steinschnittes bereits so weit vorgeschritten sein werde, schwierigere Aufgaben, als die von uns der Betrachtung der Kreuzgewölbe zu Grunde gelegten, mit Leichtigkeit zu lösen.

Zwölfter Abschnitt.

Von den Kuppelgewölben.

Die Wölbflächen der Kuppelgewölbe sind sphärisch oder sphäroidisch. Eine sphärische Fläche wird durch die Umdrehung eines Halbkreises um einen seiner Durchmesser, und eine sphäroidische Fläche durch irgend eine stetige krumme Linie erzeugt, welche um eine vertikale Achse eine ganze Umdrehung beschreibt. Nimmt man an, daß die stetige krumme Linie, welche um eine vertikale Achse eine ganze Umdrehung beschreibt, ein Viertelkreis sei, so wäre die halbe, nach unten hohlrunde Fläche, die durch diese Umdrehung erzeugt wird, ebenfalls eine sphärische, so daß wir uns die Erzeugung der sphärischen und sphäroidischen Gewölbeflächen auf gleiche Weise denken können und der Unterschied sich nur auf die Form der erzeugenden Linien bezieht.

Die zweckmäßigste und deshalb die allgemein giltige Anordnung der Schichten von sphärischen und sphäroidischen Gewölben ist die, sie zwischen horizontale, auf der Umdrehungsachse senkrecht stehende Ebenen zu legen und dabei die normale Richtung der Lagerfugen auf die erzeugende Linie, wie bei den anderen Gewölben, beizubehalten. Die Schnitte der senkrecht gegen die Umdrehungsachse geführten Ebenen werden demnach sowol an den sphärischen als auch an den sphäroidischen Gewölben Kreise sein. Hieraus ergiebt sich, daß die Vertikalprojektionen der Fugen eines sphärischen oder eines sphäroidischen Gewölbes gerade, mit der Grundlinie parallele Linien, und daß die Horizontalprojektionen der nämlichen Fugen Kreise sind. Dies vorausgesetzt, gehen wir zur Erklärung des Verfahrens über, nach welchem die Musterrisse vorgezeichnet werden.

Es sei Fig. 254 der Grundriß von der Hälfte eines sphärischen Gewölbes, durch eine Vertikalebene geschnitten, welche durch den Mittelpunkt des Gewölbes geführt ist, so daß AA und BB die Durchschnitte der Mauer darstellen, auf welcher das Gewölbe ruht, und Fig. 253 sei die Vertikalprojektion dieses Gewölbes, ebenfalls durch eine senkrechte Ebene gegen die horizontale Auflage desselben, welche in der Grundlinie A′ B′ dargestellt ist, durch die Mitte geschnitten. Der Viertelkreis OB′P, Fig. 253, erzeugt durch seine Umdrehung um die Vertikale OF die innere Gewölbefläche und der Halbmesser OB dieses Viertelskreises ist dem Halbmesser OC des Kreises Fig. 254 gleich, welcher die Horizontalprojektion des auf dem Anfang des Gewölbes liegenden Kreises ist.

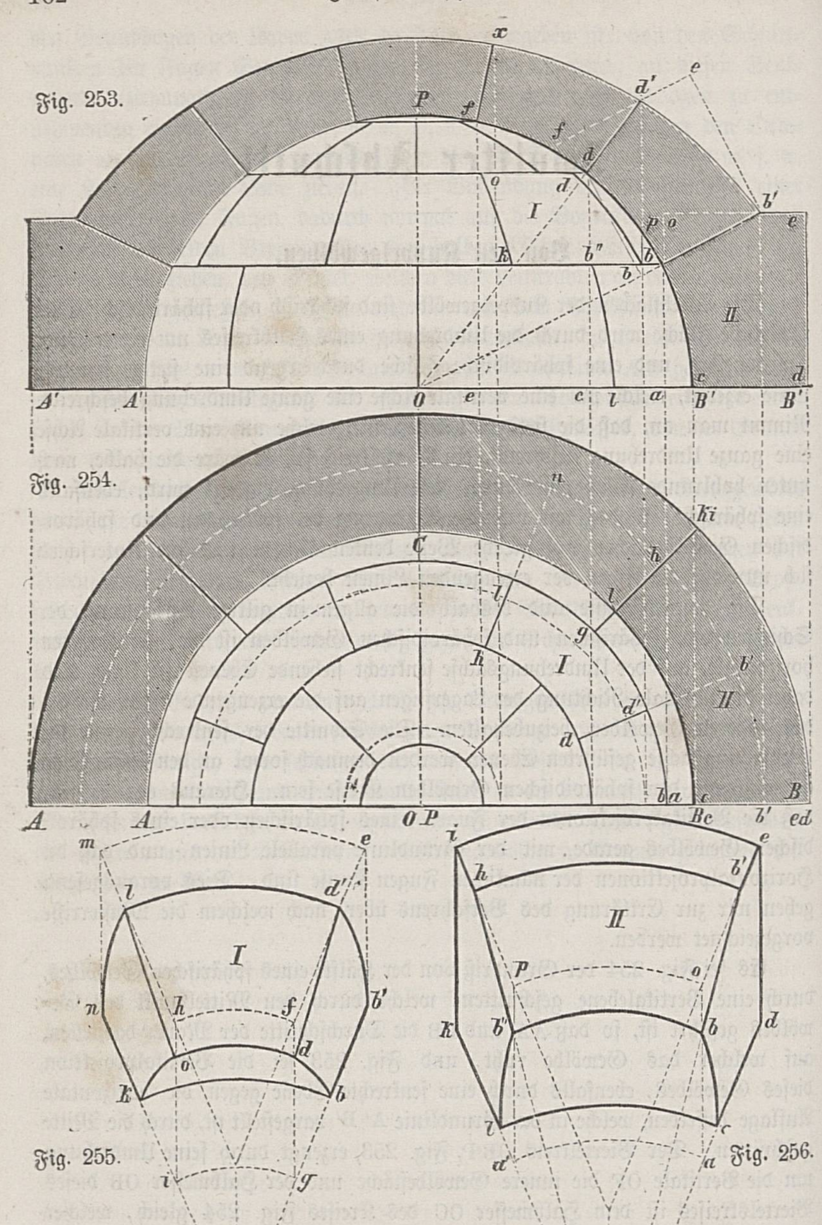


Fig. 253.

Fig. 254.

Fig. 255.

Fig. 256.

Die Hälfte des Gewölbebogens, Fig. 253, wird nun in so viel gleiche Theile getheilt, als das Gewölbe Schichten enthalten soll, indem man an dem Scheitel einen halben Theil vorbehält, welcher die Hälfte des Schlußsteines von dem Gewölbe ist. Durch die Theilpunkte b, d und f zieht man die Normalen an die Bogenlinie, welche die Durchschnitte der Fugen mit der Vertikalebene sind, die durch den Mittelpunkt des Gewölbes und parallel mit der Vertikalprojektionsebene geführt ist, und durch die nämlichen Theilpunkte zieht man mit der Grundlinie A'B' Parallelen, bis sie die gegenüber befindliche andere Hälfte des Bogens schneiden, welche nun die Vertikalprojektionen der Fugenschnitte an der Gewölbefläche sind. Die Horizontalprojektionen der Fugenschnitte an der sphärischen Gewölbefläche sind in dem Fig. 254 nur zur Hälfte dargestellten Grundrisse des Gewölbes Halbkreise, deren Halbmesser wir erhalten, wenn wir von den Theilpunkten b, d und f des in der senkrechten Durchschnittsebene gelegenen Gewölbebogens Senkrechte auf die Grundlinie A'B' fällen und diese Senkrechten verlängern, bis sie die Linie AB, welche die Horizontalprojektion der senkrechten Durchschnittsebene ist, schneiden und aus dem Punkte O als Mittelpunkt mit den Halbmessern Ob', Od', Of' Halbkreise beschreiben, welche die verlangten Horizontalprojektionen der Fugenschnitte sind. Die Horizontalprojektionen der Fugenschnitte an der Mantelseite werden nach demselben Verfahren gefunden, wenn einmal in dem Musterrisse, Fig. 253, die Bogenlinie für die Mantelfläche bestimmt ist. Die Stoßfugen der Wölbsteine erscheinen in der Horizontalprojektion als gerade Linien, welche von den Theilpunkten nach dem Punkte O, welcher die Horizontalprojektion der senkrechten Achse darstellt, gezogen werden. In der Vertikalprojektion erscheinen diese Stoßfugen als krumme Linien, welche nach demselben Verfahren verzeichnet werden, welches wir in dem Abschnitte über die Nischen angegeben haben. Die allgemeine Methode für das Verzeichnen und Bearbeiten der Gewölbsteine von sphärischen Gewölben ist nun folgende. Nehmen wir an, es sei ein Gewölbstein der ersten Schicht zu verzeichnen, und es sei dies der sowol in Fig. 253 als auch in Fig. 254 mit II bezeichnete Stein, dessen Länge durch den angenommenen Verband bestimmt ist. Aus der gegebenen Länge, sowie aus der Horizontalprojektion der Fugenschnittlinie und der Stärke der Mauern, ergiebt sich der Grundriß dieses Steines, nach welchem die Lagerschablone herausgetragen wird. Nach der Lagerschablone wird nun vorerst der Stein so behauen, als wenn er einen Theil einer geraden, kreisförmig cylindrischen Mauer bildete, indem man demselben zwischen den beiden Lagern eine Höhe giebt, welche der Höhe de der ersten Gewölbschichte gleich ist, so daß man einen Stein von der Form aa', op, dk und ei erhält. Hierauf entnimmt man die Kopfschablone cdbb'e aus Fig. 253, vermittelst welcher die beiden Häupter cdbb'e und lb''hik, Fig. 256, verzeichnet werden, und nach einer von dem großen Bogen cb, Fig. 254, entnommenen Lehre verbindet man die

Punkte c und l' auf dem unteren Lager des Steines durch einen Kreisbogen cl, Fig. 256, welcher nur die untere Kante der Bogenfläche ist. Die obere Kante bb'' wird nach einem breiten und sehr biegsamen Lineal, wozu gewöhnlich das Winkeleisen dient, dessen breite Fläche man mit der cylindrischen Fläche aa'op zusammenfallen läßt, vorgezeichnet, indem man das Lineal so anlegt, daß es genau durch die Punkte b und b'' geht, welche durch die Kopfschablonen gegeben sind, und daß man nun nach dem fest anschließenden Lineal den in der cylindrischen Fläche gelegenen Bogen vorzeichnet, welcher die obere Kante der Bogenfläche des Gewölbsteines darstellt. Um nun nach der vorgezeichneten Begrenzung der Bogenfläche dieselbe auszuhauen, bedient man sich einer an dem Bogen cb, Fig. 253, aufgenommenen Lehre, welche man gleichförmig über die Kanten cl und bb'' der Bogenfläche des Gewölbsteines Fig. 256 gleiten läßt. Ist die Bogenfläche des Steins vollendet, so wird die Lagerfläche vorgezeichnet, indem man die Punkte b' und h Fig. 256, welche die Endpunkte des Fugenschnittes sind, der durch die Kopfschablonen gegeben ist, durch einen Kreisbogen b'h verbindet, den man auf das obere Lager des Gewölbsteins vermittelst einer Lehre vorzeichnet, die man aus der Horizontalprojektion nach dem Bogen b'h, Fig. 254, der hinteren Kante des Fugenschnittes aufnimmt. Hiernach wird die Lagerfläche nach dem Kreisbogen bb'' und b'h so bearbeitet, daß, wenn man ein Richtscheit gleichförmig über die Bogen bb'' und b'h gleiten läßt, dieses Richtscheit immer mit der kegelförmigen Fläche, welche die zu bearbeitende Lagerfläche bildet, zusammenfällt. Das Verzeichnen und Bearbeiten eines Gewölbesteines der zweiten Schichte, welche in unserem Beispiele schon bis zum Gewölberücken durchgeht, weicht von dem angegebenen Verfahren nur darin ab, daß man die Lagerschablonen zwar aus dem Grundrisse entnimmt, und ebenso die Stirnschablonen aus dem senkrechten Durchschnitt, Fig. 253; die Höhe des erforderlichen Steines aber wird so bestimmt, daß man über die äußere Kante d' der oberen Lagerfläche und über die innere Kante b der unteren Lagerfläche Horizontale zieht und die senkrechte Entfernung dieser Horizontalen als die Höhe des Steines annimmt. Bei der perspektivischen Darstellung des mit I bezeichneten Gewölbsteines der zweiten Schichte sind die Begrenzungslinien des Steines nach der ersten Bearbeitung als Stein einer cylindrischen Mauer punktirt angegeben, so daß er die Form fgeb'himn hat, als wenn auch die obere Lagerfläche bis zu dem Bogen em bearbeitet werden müßte. Dies ist jedoch nicht erforderlich, vielmehr wird der Rücken nach den vermittelst der Kopfschablone vorgezeichneten krummen Linien und nach den von d' nach l und von b' nach n gezogenen Kreisbogen schon bei der ersten Bearbeitung berücksichtigt. Um den Rücken richtig zu bearbeiten, nimmt man von dem Musterrisse Fig. 253 eine Lehre nach dem entsprechenden Bogen d'b' auf, die man gleichförmig auf den Kanten d'l und b'n gleiten läßt. Der Umsicht der Steinhauer muß es hier, wie in

so vielen anderen Fällen, wo es die Rücksicht auf Sparsamkeit erfordert, nicht mehr zu bearbeiten, als was durchaus nothwendig ist, und zur Darstellung eines Gegenstandes in bestimmter Form und Größe mit der möglich geringsten Steinmasse auszureichen, überlassen bleiben, die angegebene allgemeine Methode des Heraustragens und des Bearbeitens der Steine je nach den Umständen zur Ersparniß von Zeit und Stein abzuändern.

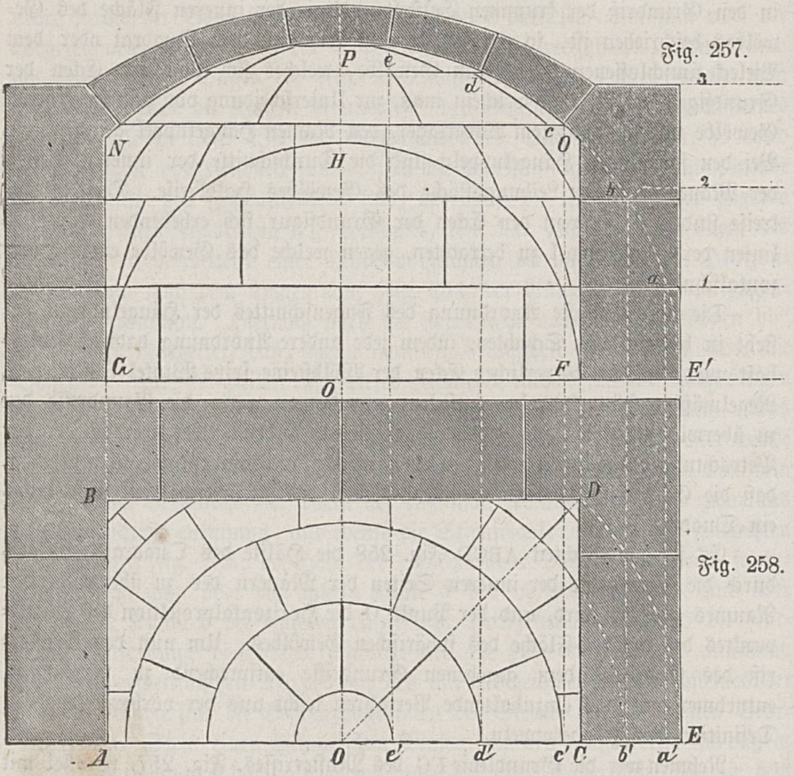
Denken wir uns ein sphärisches Gewölbe durch Vertikalebenen geschnitten, welche über den Seiten eines Quadrats oder Vielecks errichtet werden, das in den Grundriß der krummen Entstehungslinie der inneren Fläche des Gewölbes beschrieben ist, so erhalten wir in dem von dem Quadrat oder dem Vieleck umschlossenen Theile ein Gewölbe, welches sich von den Ecken der Grundfigur erhebt, und welchem man, zur Unterscheidung von dem sphärischen Gewölbe mit horizontalem Widerlager, den Namen Hängekuppel gegeben hat. Bei den sphärischen Hängekuppeln sind die Durchschnitte der inneren Seiten der Mauern mit der Leibungsfläche des Gewölbes Halbkreise. Diese Halbkreise sind als die von den Ecken der Grundfigur sich erhebenden Kämpferlinien der Hängekuppel zu betrachten, gegen welche das Gewölbe einen Horizontalschub äußert.

Die zweckmäßigste Anordnung des Fugenschnittes der Hängekuppeln besteht in horizontalen Schichten, indem jede andere Anordnung dadurch fehlerhaft wird, daß die körperlichen Ecken der Wölbsteine spitze Winkel einschließen. Regelmäßige Hängekuppeln entstehen nur dann, wenn die Grundrisse der zu überwölbenden Räume regelmäßige Vielecke bilden. Wir werden bei der Betrachtung der Hängekuppeln den am häufigsten vorkommenden Fall annehmen, daß die Grundrisse der inneren Mauerseiten des zu überwölbenden Raumes ein Quadrat bilden.

Es sei das Rechteck ABCD Fig. 258 die Hälfte des Quadrats, welches durch die Grundrisse der inneren Seiten der Mauern des zu überwölbenden Raumes gebildet wird, und der Punkt O die Horizontalprojektion des Mittelpunktes der inneren Fläche des sphärischen Gewölbes. Um nun den Musterriß des Gewölbes dem gegebenen Grundrisse entsprechend zu verzeichnen, entnehmen wir das einzuhaltende Verfahren leicht aus der vorhergegangenen Definition der Hängekuppeln.

Nehmen wir die Grundlinie FG des Musterrisses, Fig. 257, parallel mit AC und BD an und betrachten die Gerade FG als die Vertikalprojektion der Horizontalebene, in welcher die vier Kämpferpunkte gelegen sind, von denen die sphärische Hängekuppel sich erhebt, so wird der Durchschnitt O' an dieser Geraden, wo eine von dem Mittelpunkt O im Grundrisse Fig. 257 gegen FG gefällte Senkrechte diese Gerade schneidet, die Vertikalprojektion des Mittelpunktes der inneren Fläche des sphärischen Gewölbes sein. Verlängert man die Seite AB unbestimmt gegen den Punkt N, und die Seite CD unbestimmt

gegen den Punkt O, beschreibt sodann aus dem Punkte O mit dem Halbmesser OF=OG den Halbkreis FGH, so ist dieser Halbkreis die Vertikalprojektion von dem Durchschnitte der Mauerseite, von welcher die gerade Linie BD Fig. 259 der Grundriß ist mit der inneren Fläche des sphärischen Gewölbes. Den Bogen OPN des ganzen sphärischen Gewölbes, dessen Durchmesser gleich ist der Diagonale des Quadrates von dem zu überwölbenden, Raume, erhalten wir, wenn wir aus demselben Mittelpunkt O mit dem Halbmesser OE gleich der halben Diagonale OD Fig. 258 einen Halbkreis beschreiben



welcher die Gerade FO in dem Punkte O und die Gerade GN in dem Punkte N schneidet. Diese Punkte O und N sind die Scheitelpunkte der Durchschnitte von den über den Seiten CD und AB errichteten senkrechten Ebenen mit der inneren Fläche des spärischen Gewölbes, und liegen mit dem Scheitelpunkte H des Halbkreises FGH in einer Horizontalebene. Fig. FGHOPN ist nun die Vertikalprojektion von der Hälfte der inneren Fläche der Hängekuppel.

Wird nun noch die Rückenlinie nach der angenommenen Stärke des Gewölbes bis zur Höhe der Umfangsmauern gezogen, deren Stärke sich ergiebt, wenn man die auf der Grundlinie FG senkrecht stehenden äußeren Seiten der Mauern im Grundriß Fig. 258 bis zur gegebenen Höhe verlängert, so bleibt nur noch zur Vollendung des Musterrisses die Horizontal- und Vertikalprojektion des Fugenschnittes übrig. Um diese Projektion zu erhalten, theilt man vorerst den halben Bogen E'OP des ganzen sphärischen Gewölbes in so viel gleiche Theile, als das Gewölbe Schichten erhalten soll, und zieht aus den Theilpunkten a, b, c, d und e zu der Grundlinie FG Parallele, und es sind die innerhalb der Senkrechten FO und GN befindlichen, sowie die von dem Bogen OPN eingeschlossenen Theile dieser Parallelen die Vertikalprojektionen von den Fugen der horizontalen Wölbschichten an der Wölbfläche des sphärischen Gewölbes. Fällt man aus denselben Theilpunkten a, b, c, d und e Senkrechte gegen die Grundlinie FG, welche, beliebig verlängert, die mit der Grundlinie parallele Linie CA in den Punkten a', b', c', d' und e' treffen, beschreibt sodann aus dem Punkte O als Mittelpunkt und mit den Halbmessern Oa', Ob', Oc', Od' und Oe' Kreisbogen, so sind die Theile dieser Kreisbogen, welche sich innerhalb der Mauerseiten AB, CD und BD befinden, die Horizontalprojektionen der Lagerfugen der über die Theilungspunkte geführten horizontalen Schichten der Hängekuppel. Werden nun von den Theilungspunkten a, b, c, d und e die Fugen von a der ersten Schichte horizontal, der zweiten Schichte von b normal bis zur horizontalen Fuge der Mauerschichte, und von c, d und e normal bis zur Rückenlinie gezogen, so ist der Musterriß der einen Hälfte vollendet, welchem die andere Hälfte genau entspricht.

Die Anordnung der Stoßfugen von den Wölbsteinen bleibt dieselbe wie bei den Kuppelgewölben. Es müssen dieselben ebene Flächen bilden, welche senkrecht gegen die Grundfläche und zugleich centrisch gegen die durch den Mittelpunkt O gehende Drehachse geführt werden. Greifen Wölbsteine in die Schichten der senkrechten Umfangsmauern ein, so werden die Stoßfugen des in die Mauerschichte eingreifenden Theiles von dem Wölbsteine senkrecht auf die horizontale Lagerfläche der Mauerschichte geführt, wie dies aus der Vertikalprojektion der inneren Gewölbeansicht Fig. 257 ersehen werden kann.

Dem vorherbesprochenen Beispiele von einer Hängekuppel über quadratem Raume fügen wir ein zweites Beispiel bei, welches sich von dem ersteren nur dadurch unterscheidet, daß das Gewölbe auf vier freistehenden Pfeilern ruht, die unter sich durch vier Gurtbogen verbunden werden, welche die Hängekuppel nach den über die Mauerseiten geführten senkrechten Ebenen schneiden und statt der Umfangsmauern abschließen.

Fig. 259 stellt die Vertikalprojektion als Durchschnitt nach einer im Grundriß Fig. 260 durch den Mittelpunkt senkrecht und zugleich parallel mit der Seite BD in Fig. 260 und der Grundlinie EG in Fig. 259 geführten

Fig. 259.

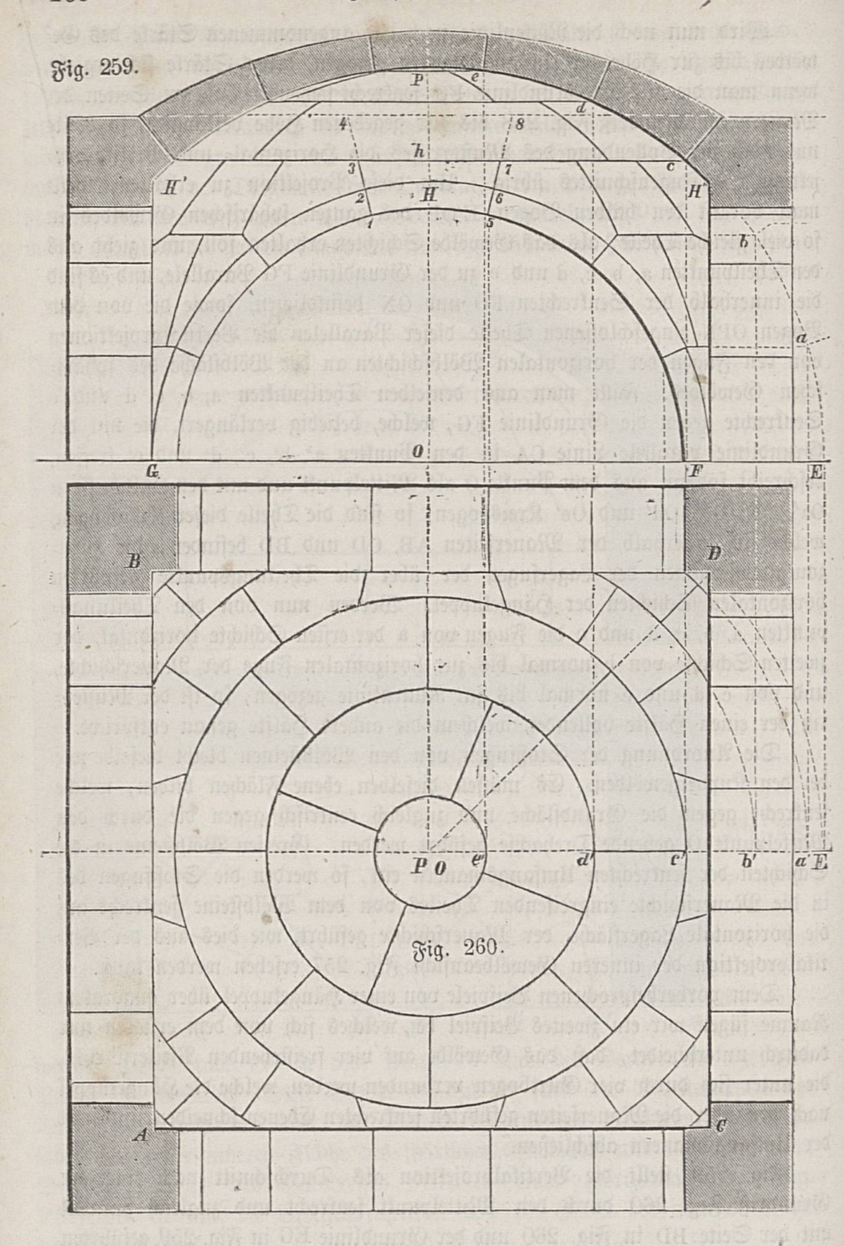


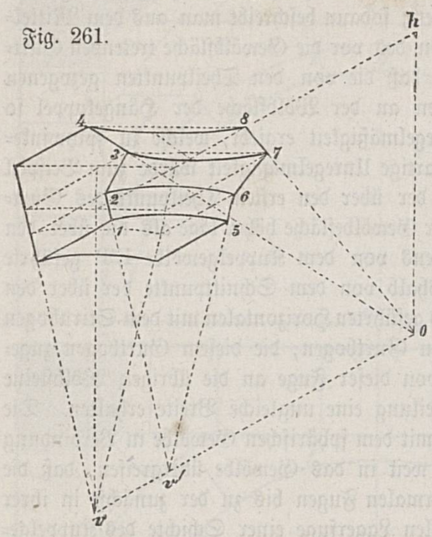
Fig. 260.

Ebene dar, mit der Ansicht der inneren Fläche des Gewölbes und der Gurtbogen. Um die Horizontal= und Vertikalprojektion von dem Fugenschnitte an der Gewölbfläche zu erhalten, wird das in dem vorigen Beispiele angegebene Verfahren eingehalten, wie wir dies durch punktirte Einzeichnung in den Fig. 259 und 260 angedeutet haben; sodann beschreibt man aus dem Mittelpunkte O Fig. 259 den Grundbogen des vor die Gewölbfläche tretenden Gurtbogens, und theilt den Bogen so, daß die von den Theilpunkten gezogenen Normalen die entsprechenden Fugen an der Wölbfläche der Hängekuppel so treffen, daß sich daraus keine Unregelmäßigkeit ergiebt, welche zu spitzwinkeligen Anschlüssen führt. Eine derartige Unregelmäßigkeit würde zum Beispiel entstehen, wenn der Schnittpunkt der über den ersten Theilpunkt des Gurtbogens geführten Normalen an der Gewölbefläche höher läge als die über den ersten Theilpunkt a des Hauptbogens von dem Kuppelgewölbe E'P geführte horizontale Fuge. Man führt deshalb von dem Schnittpunkte der über den ersten Theilpunkt a des Hauptbogens geführten Horizontalen mit dem Stirnbogen FGH, als erstem Theilpunkt für den Gurtbogen, die diesem Gurtbogen zugehörige normale Fuge, und theilt von dieser Fuge an die übrigen Wölbsteine ein, auch wenn sie durch diese Theilung eine ungleiche Breite erhalten. Die Wölbsteine der Gurtbogen werden mit dem sphärischen Gewölbe in Verbindung gesetzt. Man läßt sie nämlich so weit in das Gewölbe übergreifen, daß die auf die Leibung der Gurtbogen normalen Fugen bis zu der zunächst in ihrer Richtung vorkommenden horizontalen Lagerfuge einer Schichte des Kuppelgewölbes gezogen werden. Die Schnitte der Fugen von den Gurtbogensteinen mit der Fläche des sphärischen Gewölbes, welche in der Vertikalprojektion Fig. 259 gerade Linien sind, erscheinen in der Horizontalprojektion Fig. 260 als krumme Linien. Wie diese krummen Schnittlinien gezeichnet werden müssen, wird dem aufmerksamen Leser noch aus dem Abschnitte über die Nischen erinnerlich sein, sowie wir denn auch das Verfahren als bekannt voraussetzen, wie die Horizontalprojektionen der Fugenschnitte an der Leibung der Gurtbogen, welche sich durch die über die Theilpunkte des Grundbogens Fig. 259 geführten Senkrechten für die eine Hälfte der beiden Gurtbogen ergeben, welche parallel mit den Seiten AC und BD errichtet sind, auch auf die andere Hälfte dieser Bogen übergetragen werden. Da nämlich alle Gurtbogen unter einander gleich sind, so werden auch die Fugenschnitte unter sich gleich sein müssen, und wir können die Abstände der Fugenschnitte von der Mittellinie des einen Gurtbogens auch an die Mittellinie eines anderen Gurtbogens antragen, um darnach die entsprechenden Fugen dieses Bogens zu ziehen.

Wir geben in Fig. 261 die perspektivische Darstellung eines Schlußsteines von den vier gleichen Gurtbogen. Dieser Stein wird vorerst nach der aus der Horizontalprojektion Fig. 260 zu entnehmenden Lagerschablone und nach der aus der Vertikalprojektion Fig. 259 abzutragenden Kopfschablone so be=

arbeitet, als bilde er den Schlußstein eines Mauerbogens in einer Mauer, deren eine Seite gerade und eben und deren andere Seite gerade cylindrisch sei; sodann werden die unter sich gleichen Fugenschablonen an die entsprechenden Fugenflächen angelegt und nach diesen die Fugenschnittlinien 1, 2, 3, 4 und 5, 6, 7, 8 vorgezeichnet. Nach dieser Vorzeichnung werden die in die innere Cylinderfläche fallenden Punkte 3 und 7 unter sich durch eine krumme Linie verbunden, welche nach einem biegsamen Lineal, dessen breite Fläche man an die cylindrische Fläche anschließen läßt und es so anlegt, daß es genau durch die vorgezeichneten Punkte 3 und 7 geht, gezogen wird. Dieser in der cylindrischen Fuge gelegene Bogen 3, 7 stellt die obere Kante der Gewölbfläche des Schlußsteines dar, von welcher aus die kegelförmige Fläche nach den vorgezeichneten Schnittlinien 3, 4 und 7, 8, sowie auch die hohlkugelförmige Gewölbfläche bis zur Oberkante des Gurtbogens 6, 2 bearbeitet wird.

Fig. 261.



Die Bogenlinie des über die Punkte 4 und 8 geführten Schnittes der kegelförmigen Fläche wird nach einer aus der Horizontalprojektion Fig. 260 zu entnehmenden Lehre vorgezeichnet. Bei der Bearbeitung der kegelförmigen Fläche muß ein über die beiden Bogenschnittlinien geführtes und gleichförmig über die Bogen 3, 7 und 4, 8 gleitendes Richtscheit mit der kegelförmigen Fläche, welche die Lagerfläche bildet, zusammenfallen. Die Schnittlinien 3, 4 und 7, 8, welche erzeugende Linien dieser kegelförmigen Fläche darstellen, müssen, verlängert in dem Punkte O, welcher der Mittelpunkt des sphärischen Gewölbes ist, sich schneiden. Denken wir uns an die durch O geführte Senkrechte, welche die Achse darstellt, um die der Vertikalkreis OE'P, Fig. 259, durch eine ganze Umdrehung die sphärische Gewölbfläche erzeugt hat, den Punkt h in derselben Entfernung angetragen, als die durch den Punkt h in Fig. 259 geführte Horizontalebene von dem Punkte O entfernt ist, so wäre h, Fig. 261, der Mittelpunkt des Kreisbogens, von welchem der über die Punkte 3 und 7 vorgezeichnete einen Theil bildet, und dessen Halbmesser h 3 und h 7 gleich ist dem Halbmesser h c des in Fig. 259 über den Punkt h geführten horizontalen kreisförmigen Fugenschnittes an dem sphärischen Gewölbe.

Zur Bearbeitung der sphärischen Fläche dient eine Lehre, welche einen Theil des die Gewölbfläche erzeugenden Viertelkreises OE'P bildet, und welche in gleichförmiger Bewegung so geführt wird, daß sie über die Bogenlinien 2, 6 und 3, 7 gleitet und zugleich mit der zu bearbeitenden sphärischen Fläche zusammenfällt. Der Erzeugung der sphärischen Gewölbefläche entsprechend, müssen die einen Theil der erzeugenden Kreislinie bildenden Lehren so über die zu bearbeitenden Flächen geführt werden, daß die Schnittpunkte derselben an den zwei Kanten, über welche sie gleiten, genau in einer senkrechten und zugleich durch den Mittelpunkt O geführten Ebene liegen würden, wenn der Stein an die Stelle versetzt gedacht wird, welche er nach den Musterrissen in Fig. 259 und Fig. 260 einzunehmen hat. Es müssen deshalb an die Kanten, über welche die Lehren gleiten sollen, einige der in senkrecht gegen die Achse geführten Ebenen gelegenen Schnittpunkte an diesen Kanten vorher scharf bezeichnet werden.

Nach dem, was wir in Bezug auf das Heraustragen und das Bearbeiten des in Fig. 261 dargestellten Schlußsteines von einem der Gurtbogen der Hängekuppel zu erwähnen Veranlassung nahmen, wird es keine Schwierigkeit darbieten, bei dem Heraustragen und Bearbeiten der anderen Gurtbogensteine, welche ebenfalls zugleich Bestandtheile des sphärischen Gewölbes ausmachen, das geeignete Verfahren einzuhalten. Der obere Theil des Gewölbes, welcher von dem Theilpunkte c an aus ununterbrochen fortlaufenden horizontalen Schichten besteht und Callotte genannt wird, kann als eine gewöhnliche Kuppel betrachtet werden, deren erzeugende Linie der halbe Segmentbogen c h P ist.

Dreizehnter Abschnitt.

Von den Treppen.

Man versteht unter Treppen die Anlage einer Anzahl von senkrechten Stufen mit horizontalen Absätzen, welche dazu dienen, um auf denselben in höher liegende Räume aufwärts, und in tiefer liegende Räume abwärts schreitend gelangen zu können. Alle Treppen müssen nun Das miteinander gemein haben, daß das Auf- und Abwärtsschreiten mit möglichster Bequemlichkeit, das heißt so geschehen kann, daß dabei der menschliche Körper nicht außergewöhnlich angestrengt wird. Nach dieser Anforderung muß die senkrechte

Höhe der Stufen, welche Steigung, zur Breite derselben, welche Auftritt genannt wird, in einem gewissen Verhältnisse stehen, entsprechend dem gewöhnlichen Schritte eines Menschen beim Ersteigen einer schiefen Ebene. Da man nun beim Ersteigen schiefer Ebenen um so weniger vorwärts schreitet, je größer der Neigungswinkel derselben ist, so kann man die Höhe der in der schiefen Ebene gedachten Stufen nicht vermehren, ohne daß die Breite der Stufen sich nach umgekehrtem arithmetischen Verhältnisse ändert; mit andern Worten: wenn man die Steigung um eine gewisse Größe vermehrt, so wird man den Auftritt um dieselbe Größe vermindern müssen, und eben so umgekehrt, wenn man den Auftritt um eine gewisse Größe vermehrt, so wird man die Steigung um dieselbe Größe vermindern müssen. Nehmen wir an, es sei eine Treppe bequem, wenn die Stufen bei 6 Zoll Steigung einen Auftritt von 12 Zoll haben, so werden andere Stufen von 7 Zoll Steigung einen entsprechenden Auftritt von 11 Zollen erhalten; wäre dagegen die Steigung nur 5 Zoll, so würde der entsprechende Auftritt 13 Zoll betragen müssen.

Das angeführte Verhältniß zwischen Steigung und Auftritt entspricht der auf vielen Werkplätzen giltigen Annahme, daß die Summe der Abmessungen beider 18 Zollen gleich sein soll. Wird bei dieser Annahme das französische Maß zu Grunde gelegt, so stellen sich allerdings recht günstige Verhältnisse zwischen Steigung und Auftritt der Stufen heraus.

Wenn die Zolle des landesüblichen Maßes größer oder kleiner sind als die Zolle des zwölftheiligen alten Pariser Fußes, so wird eine Reduktion des Grundverhältnisses von 18 Pariser Zollen auf Zolle des landesüblichen Maßes vorgenommen werden müssen.

Auch wird das gegenseitige Verhältniß von Steigung und Auftritt so angenommen, daß das Doppelte der Steigung zum einfachen Auftritt addirt 24 Zolle beträgt. Wäre demnach die Steigung 6 Zoll, so wäre der entsprechende Auftritt $24 - 6 \,.\, 2 = 12$ Zoll, wie bei der ersteren Annahme, wo Steigung und Auftritt zusammen 18 Zolle betragen sollen. Stimmt bei einer Steigung von 6 Zoll die Breite des Auftrittes nach beiden Verfahrungsarten überein, so ist dies bei veränderter Steigung nicht der Fall.

Unter Zugrundelegung der Zahl 24, von welcher das Doppelte der Steigung abgezogen die Breite des Auftritts angiebt, wird bei geringerer Höhe der Steigung die Breite des Auftritts größer, bei größerer Höhe der Steigung die Breite des Auftrittes aber geringer als unter Zugrundelegung der Zahl 18, von welcher die einfache Steigung abgezogen die Breite des Auftrittes angiebt. Das zuerst erwähnte Verfahren, nach welchem das gegenseitige Verhältniß von Steigung und Auftritt so angenommen wird, daß die Summe der beiden Abmessungen 18 Zoll beträgt, verdient erfahrungsgemäß den Vorzug.

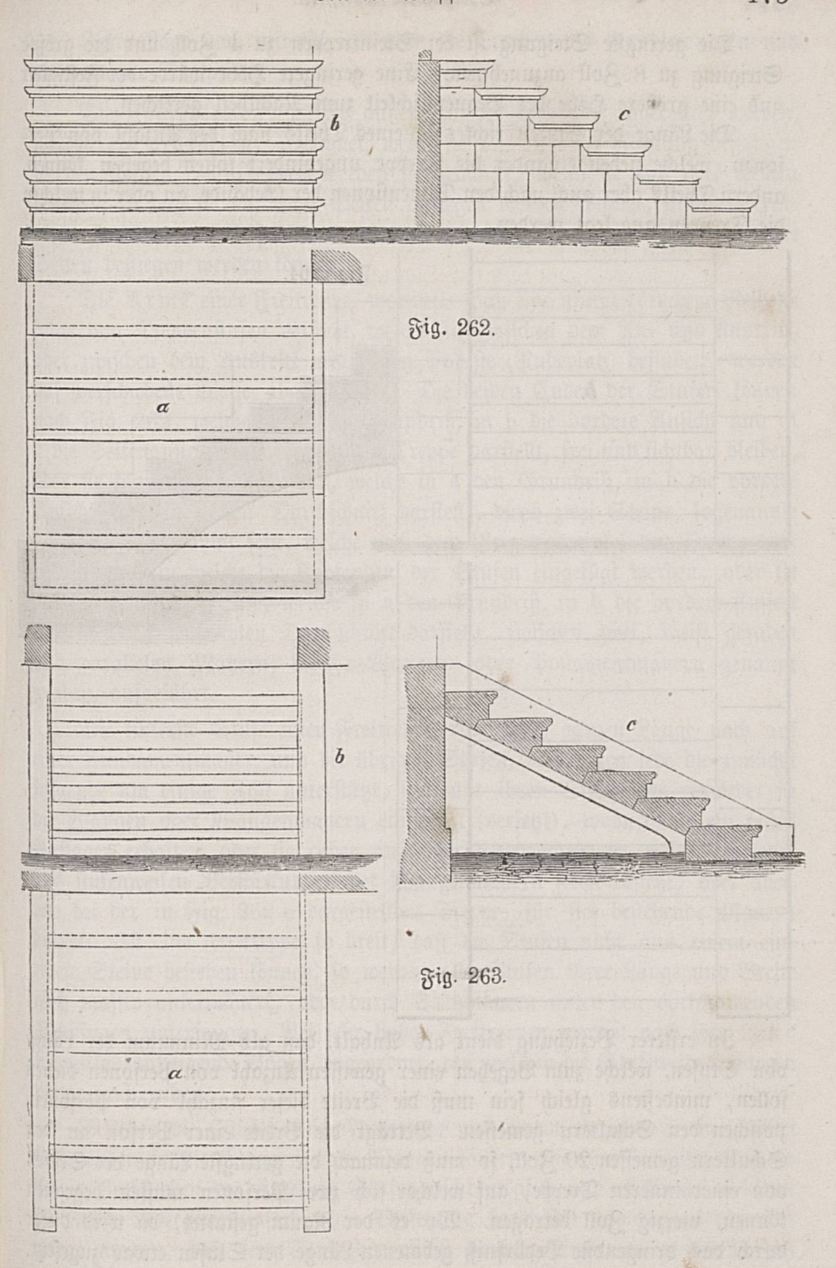


Fig. 262.

Fig. 263.

Die geringste Steigung ist bei Steintreppen zu 4 Zoll und die größte Steigung zu 8 Zoll anzunehmen. Eine geringere Höhe würde der Festigkeit und eine größere Höhe der Bequemlichkeit zum Nachtheil gereichen.

Die Länge der Stufen richtet sich eines Theils nach der Anzahl von Personen, welche neben einander die Treppe ungehindert sollen begehen können, andern Theils aber auch nach den Dimensionen der Gebäude, an oder in welchen die Treppen angelegt werden.

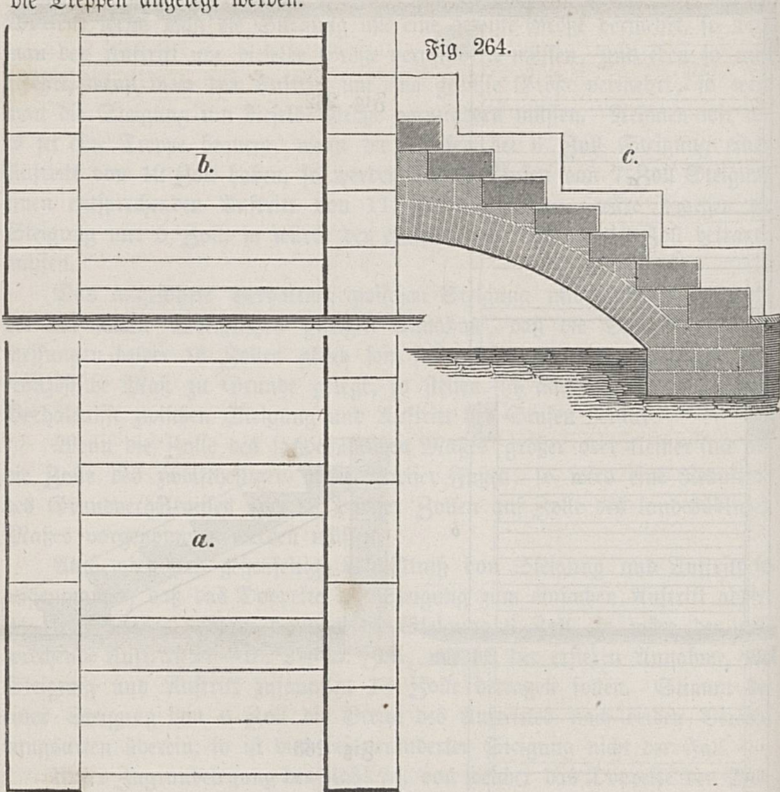


Fig. 264.

In ersterer Beziehung dient als Anhalt, daß als Minimum der Länge von Stufen, welche zum Begehen einer gewissen Anzahl von Personen dienen sollen, mindestens gleich sein muß die Breite dieser Anzahl von Personen, zwischen den Schultern gemessen. Beträgt die Breite einer Person an den Schultern gemessen 20 Zoll, so muß demnach die geringste Länge der Stufen von einer inneren Treppe, auf welcher sich zwei Personen müssen begegnen können, vierzig Zoll betragen. Wo es der Raum gestattet, da wird dieser durch das dringendste Bedürfniß gebotenen Länge der Stufen etwas zugesetzt.

Ihrer Lage nach unterscheidet man die Treppen als Freitreppen und als innere Treppen.

Die Freitreppen, welche außerhalb der Gebäude angebracht werden, werden als einseitige bezeichnet, wenn sie nur in einer Richtung begangen werden können; zweiseitig werden sie genannt, wenn sie aus zwei Armen bestehen, so daß sie von zwei Seiten bestiegen werden können, und dreiseitige Freitreppen sind solche, welche der Art angelegt sind, daß sie von drei Seiten bestiegen werden können.

Die Arme einer Freitreppe, worunter man eine ununterbrochene Reihenfolge von Treppenstufen versteht, welche sich zwischen dem An- und Austritt, oder zwischen dem Austritt und einem Podeste (Ruheplatz) befinden, werden auf verschiedene Weise abgeschlossen. Die beiden Enden der Stufen können nach Fig. 262, welche in a den Grundriß, in b die vordere Ansicht und in c die Seitenansicht einer einarmigen Treppe darstellt, frei und sichtbar bleiben, oder sie können nach Fig. 263, welche in a den Grundriß, in b die vordere Ansicht und in c den Durchschnitt darstellt, durch zwei Steine, sogenannte Wangen, eingerahmt sein, welche nach dem Neigungswinkel der Treppe aufgestellt und in welche die Kopfenden der Stufen eingefügt werden, oder sie werden nach Figur 264, welche in a den Grundriß, in b die vordere Ansicht und in c den senkrechten Durchschnitt darstellt, zwischen zwei, meist geraden und parallelen Mauern, welche Wangen- oder Postamentmauern genannt werden, aufgeführt.

Die unterste Stufe einer Freitreppe ruht ihrer ganzen Länge nach auf einer Fundamentmauer, und die übrigen Stufen, von denen jede die zunächst folgende um einige Zoll unterstützt, sind mit ihren Stirnenden entweder in die Wangen oder Wangenmauern eingefügt (versetzt), wodurch sie ein festes Auflager erhalten, oder sie ruhen auf einer Untermauerung, welche entweder aus stufenweisen Verstärkungen der Wangenmauern selbst besteht, oder aber, wie bei der in Fig. 262 c dargestellten Treppe, für sich bestehende Mauern bilden. Ist eine Freitreppe so breit, daß die Stufen nicht aus einem einzigen Steine bestehen können, so werden alle Stufen ihrer Länge und Breite nach massiv untermauert, oder durch Stützmauern unter den vorkommenden Stoßfugen unterfangen. Bei sehr hohen Freitreppen werden nach Fig. 264 c einhüftige ansteigende Bogen angeordnet, auf welchen die Stufen ihrer ganzen Länge nach ruhen.

Bestehen die Stufen einer Freitreppe aus einem einzigen Stein, dessen Stirnenden in die Wangen oder Wangenmauern eingefügt (versetzt) sind, so ist ein Verschieben der einzelnen Stufen nicht möglich und es können dieselben nach Fig. 265 ganz einfach ohne Versetzung bearbeitet und so auf einander gelegt werden, daß jede Stufe die nächst vorhergehende um 2 bis 3 Zoll

überdeckt. Sind dagegen die Stufen an den Stirnenden nicht eingeführt, oder aus mehreren Steinen zusammengesetzt, so müssen dieselben außer der nöthigen Ueberdeckung zur Auflage noch eine entsprechende Versetzung erhalten, welche gegen das Verschieben sichert.

Bei Stufen, deren untere Fläche nicht sichtbar ist, findet in der Regel die in Fig. 266 dargestellte Versetzung Anwendung, bei welcher die Stufen eine gleiche horizontale Ueberdeckung von $1^1/_2$ bis 2 Zoll erhalten. Ist die Breite des Auftritts bestimmt, ebenso die Breite der Ueberdeckung, so werden alle Stufen auf diese Breite an der Hinterkante der horizontalen Auftrittsfläche rechtwinkelig gegen dieselbe bearbeitet. Diese rechtwinkelige Bearbeitung an der Hinterkante dient nun dazu, daß die nächstfolgende der Stufen, welche man 1 bis $1^1/_2$ Zoll stärker macht, als es der gegebene Auftritt vorschreibt, sich mit der rechtwinkelig auf das untere Lager eingearbeiteten Stoßfläche der parallel mit dem Auftritte und von der Unterkante der vorgezeichneten Steigung eingearbeiteten Ueberdeckung anschließe. Dem entsprechend wird die rechtwinkelige Bearbeitung an der Hinterkante des Auftrittes nur auf solche Breite vorgenommen, wie es zum Anschluß der rechtwinkeligen Stoßfläche der abwärts gerichteten Verstärkung von der nachfolgenden Stufe erforderlich ist.

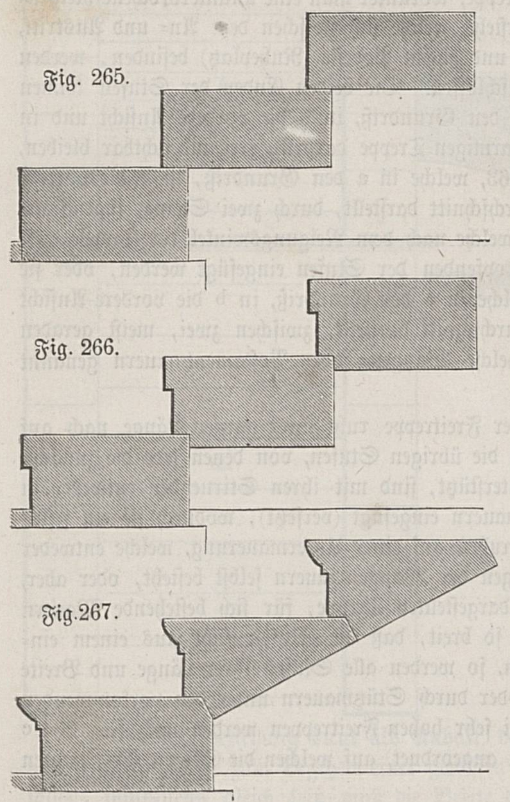


Fig. 267 stellt eine übliche Versetzung von Stufen dar, deren untere Fläche sichtbar ist. Bei dieser rechtwinkelig gegen die untere Fläche der Stufen geführten Versetzung kann die horizontale Ueberdeckung auf die geringe Breite von $^1/_2$ bis $^3/_4$ Zoll angeordnet werden, weil die geneigte Fläche der Versetzung einer Stufe der nächstfolgenden Stufe zugleich zum Auflager dient.

Die vorerwähnten üblichen Ueberdeckungen und Versetzungen der Stufen von Freitreppen verhindern nicht das Eindringen des Wassers in die horizontalen Fugen der Ueberdeckung. Bei unbedeckten Freitreppen sollte die Anordnung der Stufen nach Fig. 268 und 269, welche eine größere Sicherheit gegen das Eindringen des Wassers in die Lagerfugen gewährt, um so weniger unterlassen werden, als zur Herstellung der Stufen keine größere Steinmasse erforderlich ist, wie bei den in Fig. 265, 266 und 267 dargestellten Anordnungen, welche, wenn gleich nur für innere Treppen geeignet, in der Regel doch auch bei den Freitreppen Anwendung finden.

Die Treppenstufen können in der vorderen Ansicht auf verschiedene Weise profilirt werden. Gestattet es der zur Anlage einer Treppe erforderliche Raum, dem Auftritte eine solche Breite zu geben, daß das zum bequemen Ersteigen der Treppe entsprechende Verhältniß durch eine rechtwinkelige Bearbeitung der vorderen Fläche, welche den Auftritt bildet, erreicht wird, so ergiebt sich daraus das in Fig. 265 dargestellte einfache Normalprofil einer Steintreppe, welches ohne Veränderung des gegenseitigen Verhältnisses von Steigung und Auftritt zur Verschönerung der vorderen Ansicht der Treppe, durch Einarbeitung von Gliedern innerhalb der senkrechten Platte der Steigung, mehr oder weniger bereichert werden kann, wie wir dies in Fig. 268 angegeben haben.

Reicht der zur Anlage einer Treppe vorhandene Raum nicht aus, bei gegebener Steigung dem Auftritte bei rechtwinkeliger Bearbeitung die dem gegenseitigen Verhältnisse entsprechende Breite zu geben, so kann durch einen Vorsprung an der Oberkante die Breite des Auftrittes vergrößert werden. Je nach Erfordern werden die Stufen mit Beibehaltung der rechtwinkeligen Bearbeitung nach Fig. 269 mit einem vortretenden Bande besäumt, welche nahezu die Hälfte der Steigung zur Breite hat, oder es bildet der Vorsprung an der vorderen oberen Kante einen Viertelstab oder eine Welle mit unterhalb angebrachten Plättchen oder Leistchen nach Fig. 267 und 269.

Die untersten Stufen der Freitreppen ruhen mit horizontalen Lagern ihrer ganzen Breite nach auf Fundamentmauern und erhalten stets eine größere Höhe als die übrigen Stufen, damit die Lagerfugen durch Platten, welche vor den Treppen angebracht werden, durch anschließende Pflasterung oder durch den natürlichen Bogen bedeckt werden. Werden Platten vor dem Antritt einer Treppe angebracht, wie dies in Fig. 266, 267, 268 und 269 angenommen ist, so erhalten die Fundamentmauern einen Vorsprung, auf welchem die anschließenden Platten ihr Auflager erhalten, und hat man in diesen Fällen die Verstärkung der ersten Stufe nach der Dicke der Platten zu richten. Befinden sich keine Platten vor den untersten Stufen, so erhält nach Fig. 267 die Fundamentmauer keinen Vorsprung, damit der anschließende Boden sich gleichmäßig und ungehindert setzen kann, und es genügt eine einzöllige Verstärkung der untersten Stufen zur Deckung von deren Lagerfugen.

Was die Bearbeitung der Stufen von geraden Freitreppen betrifft, welche nach ihrer ganzen Länge eine gleiche Breite und Höhe erhalten, und bei welchen durch rechtwinkelig auf das Lager geführte Ebenen auch überall gleiche Schnittflächen sich darstellen, so geschieht dieselbe, nachdem zuerst die den Auftritt bildende Lagerfläche als ebene Fläche, und auf diese senkrecht und zugleich rechtwinkelig gegen die auf der bearbeiteten Lagerfläche vorgezeichnete Vorderkante die beiden Stoßfugen der Stirnenden bearbeitet worden, — nach Stirnschablonen, welche das aus dem Musterrisse entnommene Profil der zu bearbeitenden Stufe darstellen, zu dessen Uebertragung diese Schablonen auf die Stirnflächen der Stufen genau so aufgelegt und vermittelst Blutstein vorgezeichnet werden, wie es der Musterriß vorschreibt.

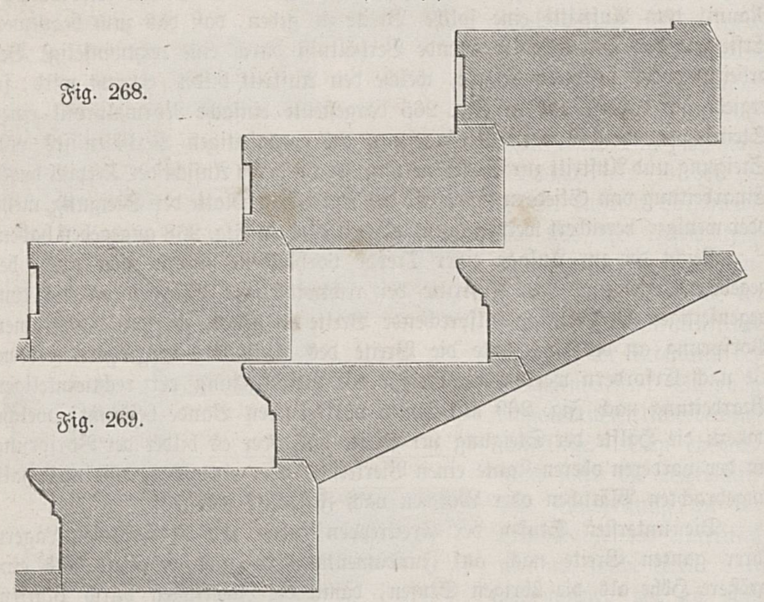

Fig. 268.

Fig. 269.

Nehmen wir an, es sei das Rechteck abcd Fig. 270 die Stirnfläche des Steines, aus welchem die Stufe nach der Stirnschablone, welche wir, als bereits vorgezeichnet, schraffirt angegeben haben, bearbeitet werden soll, so hat es keine Schwierigkeit, die ebenen Flächen der Stufe, welche zugleich senkrecht auf den Stirnflächen stehen, mit Benutzung von Winkel und Richtscheit nach der Vorzeichnung zu bearbeiten. Anders verhält es sich mit der Bearbeitung der Gesimsglieder an der vorderen Oberkante, welche aus geraden und krummen Linien zusammengesetzt sind. Bevor diese Glieder nach der Vorzeichnung der beiden Stirnschablonen genau bearbeitet werden, bedient sich der Steinmetz der Ausvierung derselben in der Weise, daß er vorerst den Stein in der

Richtung der Gesimsglieder nach ebenen Flächen bearbeitet, welche an den Stirnseiten durch gerade Linien so vorgezeichnet werden, daß diese Linien die vorgezeichneten Gesimsprofile an einem Punkte oder an mehreren Punkten schneiden, wie wir in unserem Beispiele Fig. 270 angegeben haben, wo die senkrecht auf das obere Lager über d geführte Ebene den Viertelstab in dem Punkte e und die an diese geführte geneigte Ebene den Viertelstab in f, die Vorderkante des Leistchens in g und die senkrechte Platte der Steigung in h schneidet. Sind diese Vierungsflächen rechtwinkelig auf die Stirnseiten bearbeitet, so werden an diesen die zusammengehörigen Schnittpunkte ee', ff', gg', hh' durch gerade Linien, welche nach dem Richtscheite vorgerissen werden, verbunden, und es dienen diese vorgezeichneten Linien als Richtungslinien bei der nunmehr erfolgenden Ausarbeitung der Glieder nach den vorgezeichneten Stirnschablonen.

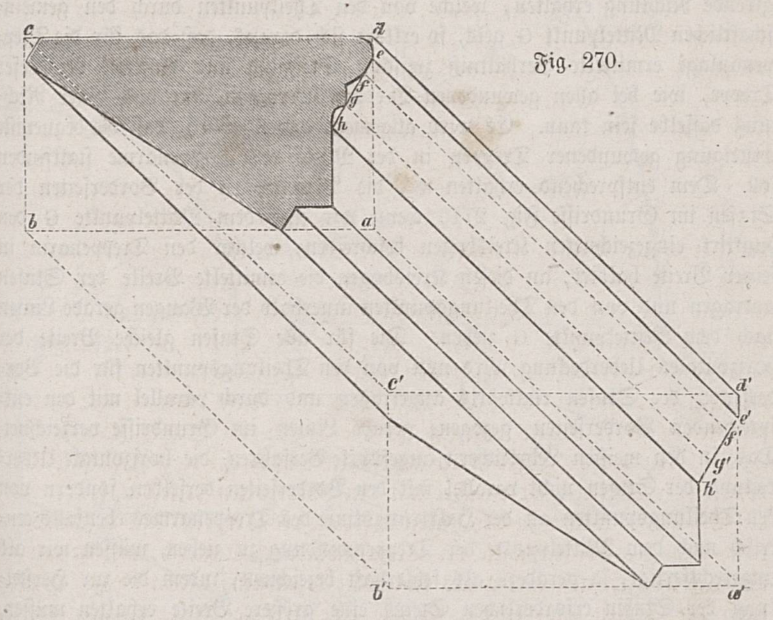


Fig. 270.

Sind die Gesimsglieder einfach und es haben die zu bearbeitenden Steine keine bedeutende Länge, so genügt in der Regel die Vorzeichnung nach den Stirnschablonen zur Bearbeitung der Glieder nach Winkel und Richtscheit; bei zusammengesetzteren Gliedern aber und zumal bei bedeutender Länge der Steine, wo bei dem geübtesten Auge und der geschicktesten Handführung des Arbeiters Ungenauigkeiten in der Bearbeitung entstehen, ist es durchaus erforderlich, Hohlschablonen herauszutragen und nach diesen von den Vierungs-

flächen aus das Profil in kurzen Entfernungen einzubeizen, so daß der Arbeiter die zu bearbeitende Form der Glieder vor Augen hat.

Wir haben bisher nur die Stufen von geraden Freitreppen betrachtet, welche nach ihrer ganzen Länge eine gleiche Breite haben, und werden nun noch die Stufen von Freitreppen mit krummen Armen zu betrachten haben, bei welchen die der Grundrißform der Treppe entsprechend gewundenen Stufen ungleich breit sind.

Nehmen wir an, es sei Fig. 271 der Grundriß von einem Treppenarm, welcher nach einem aus dem Punkte G als Mittelpunkt beschriebenen Kreisbogen gekrümmt ist, so daß bei gleicher Länge der Stufen die innere Wange AB und die innere Wange CD im Grundrisse durch konzentrische Kreise begrenzt erscheinen. Da bei dieser Treppe die Projektionen der Vorderseiten der Stufen nicht parallel angenommen werden können, vielmehr eine konvergirende Richtung erhalten, welche von den Theilpunkten durch den gemeinschaftlichen Mittelpunkt G geht, so erklärt sich daraus, daß das für die Treppenanlage ermittelte Verhältniß zwischen Steigung und Auftritt bei dieser Treppe, wie bei allen gewundenen Treppen überhaupt, nur nach einer Richtung dasselbe sein kann. Es wird allgemein angenommen, daß die bequemste Ersteigung gewundener Treppen in der Mitte der Treppenarme stattfinden soll. Dem entsprechend erhalten wir die Projektionen der Vorderseiten der Stufen im Grundrisse Fig. 271, wenn wir aus dem Mittelpunkte G den punktirt eingezeichneten Kreisbogen beschreiben, welcher den Treppenarm in seiner Breite halbirt, an diesen Kreisbogen die ermittelte Breite der Stufen antragen und von den Theilungspunkten innerhalb der Wangen gerade Linien nach dem Mittelpunkte G ziehen. Die für alle Stufen gleiche Breite der horizontalen Ueberdeckung wird nun von den Theilungspunkten für die Vorderseiten der Stufen rückwärts angetragen und durch parallel mit den entsprechenden Vorderseiten gezogene gerade Linien im Grundrisse verzeichnet. Das in den meisten Lehrbüchern angeführte Verfahren, die horizontale Ueberdeckung der Stufen nicht parallel mit den Vorderseiten derselben, sondern von den Theilungspunkten an der Halbirungslinie des Treppenarmes ebenfalls centrisch nach dem Mittelpunkte der Treppenwindung zu ziehen, müssen wir als ungerechtfertigt, ja geradezu als fehlerhaft bezeichnen, indem die zur Herstellung der Stufen erforderlichen Steine eine größere Breite erhalten müssen, ohne durch diese größere Breite an Tragfähigkeit zu gewinnen. Erhalten die Treppen Wangen, so entsteht durch die centrische Führung der horizontalen Ueberdeckung der Stufen der weitere Nachtheil, daß die äußeren Wangen CD Fig. 277 nach ihrem senkrechten Durchschnitt in demselben Verhältnisse an Höhe zunehmen müssen, als die Breite der aufzunehmenden Stufen zunimmt. Wir nehmen als Regel an, daß die horizontale Ueberdeckung der Stufen auf die ganze Länge derselben eine gleiche Breite erhält, bestehe die Treppe aus

Fig. 271.

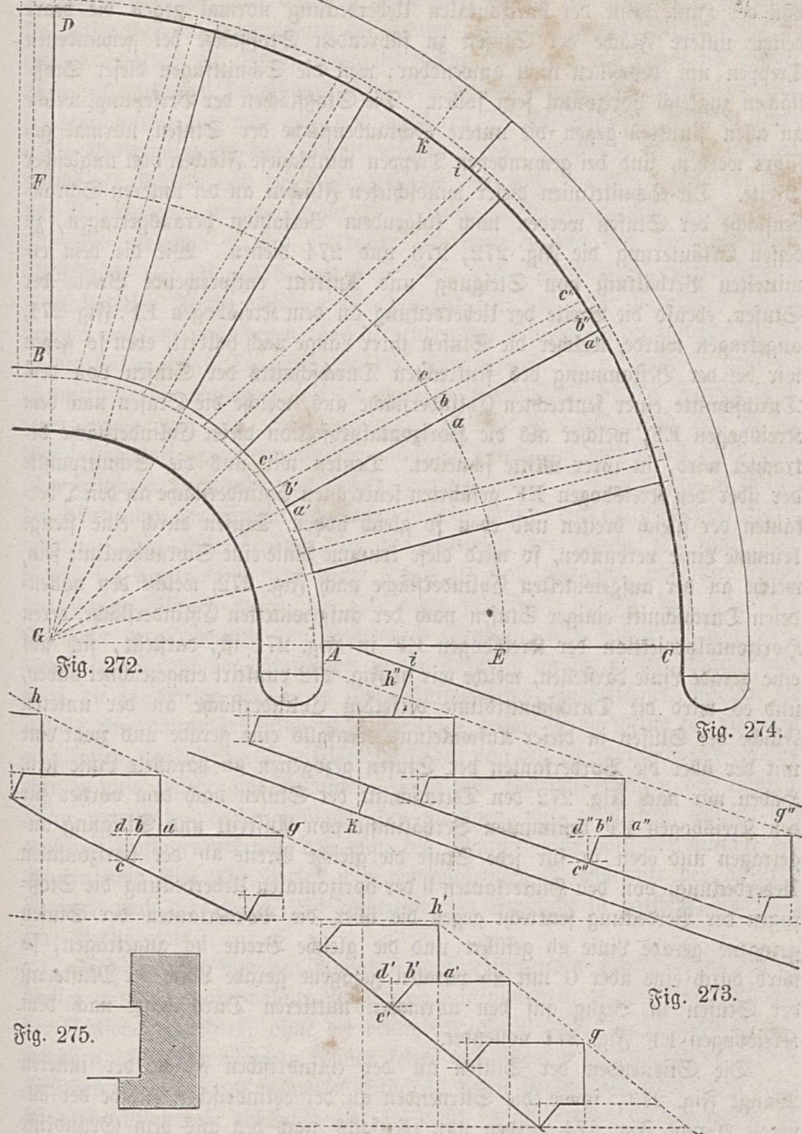


Fig. 272.

Fig. 274.

Fig. 273.

Fig. 275.

geraden oder krummen Armen. In Bezug auf die gegen das Verschieben der Stufen angebrachte Versetzung ist die Annahme einer gleichen Breite der von der Hinterkante der horizontalen Ueberdeckung normal gegen die bearbeitete untere Fläche der Stufen zu führenden Stoßfläche bei gewundenen Treppen um deswillen nicht anwendbar, weil die Schnittfugen dieser Stoßflächen zugleich horizontal sein sollen. Die Stoßflächen der Versetzung, welche an allen Punkten gegen die untere Schraubenfläche der Stufen normal geführt werden, sind bei gewundenen Treppen windschiefe Flächen von ungleicher Breite. Die Schnittlinien dieser windschiefen Flächen an der unteren Schraubenfläche der Stufen werden nach folgendem Verfahren herausgetragen, zu dessen Erläuterung die Fig. 272, 273 und 274 dienen. Wie die dem ermittelten Verhältniß von Steigung und Auftritt entsprechende Breite der Stufen, ebenso die Breite der Ueberdeckung an dem Kreisbogen EF, Fig. 271, angetragen wurde, welcher die Stufen ihrer Länge nach halbirt, eben so gehen wir bei der Bestimmung des senkrechten Durchschnitts der Stufen von dem Durchschnitte einer senkrechten Cylinderfläche aus, welche die Stufen nach dem Kreisbogen EF, welcher als die Horizontalprojektion dieser Cylinderfläche betrachtet wird, in ihrer Mitte schneidet. Denken wir uns die Schnittpunkte der über den Kreisbogen EF geführten senkrechten Cylinderfläche an den Oberkanten der gleich breiten und eben so gleich hohen Stufen durch eine stetige krumme Linie verbunden, so wird diese krumme Linie eine Schraubenlinie sein, welche an der aufgewickelten Cylinderfläche nach Fig. 272, welche den vollendeten Durchschnitt einiger Stufen nach der aufgewickelten Cylinderfläche, deren Horizontalprojektion der Kreisbogen EF in Fig. 271 ist, darstellt, sich als eine gerade Linie darstellen, welche wir in Fig. 272 punktirt eingezeichnet haben, und es wird die Durchschnittslinie derselben Cylinderfläche an der unteren Fläche der Stufen in dieser Aufwickelung ebenfalls eine gerade und zwar eine mit der über die Vorderkanten der Stufen gezogenen gh parallele Linie sein. Haben wir nach Fig. 272 den Durchschnitt der Stufen nach dem vorher für den Kreisbogen EF bestimmten Verhältnisse von Auftritt und Steigung angetragen und eben so für jede Stufe die gleiche Breite ab der horizontalen Ueberdeckung, von den Hinterkanten b der horizontalen Ueberdeckung die Stoßfugen der Verdeckung senkrecht gegen die über die Vorderkanten der Stufen gezogene gerade Linie gh geführt und die gleiche Breite bc angetragen, so wird durch eine über G mit gh parallel gezogene gerade Linie der Musterriß der Stufen in Bezug auf den normalen mittleren Durchschnitt nach dem Kreisbogen EF Fig. 271 vollendet.

Die Stirnenden der Stufen an der cylindrischen Fläche der inneren Wange Fig. 273, sowie die Stirnenden an der cylindrischen Fläche der äußeren Wange Fig. 274 werden nun ebenfalls nach den aus dem Grundrisse Fig. 271 zu entnehmenden Breiten der entsprechenden aufgewickelten Cylinder-

flächen und mit Beibehaltung der gleichen Höhe der Stufen und der gleichen Breite der horizontalen Ueberdeckung herausgetragen. Die Stoßfugen der Versetzung b'c', Fig. 273, und b''c'', Fig. 274, werden senkrecht gegen die über die entsprechenden Vorderkanten der Stufen gezogenen geraden Linien gezogen, und es erhalten die Stoßflächen eine sowol unter sich als gegen die Stoßfläche im mittleren Durchschnitt Fig. 272 verschiedene Breite, welche dadurch bestimmt wird, daß man aus dem mittleren Durchschnitt Fig. 272 die senkrechte Entfernung dc des Schnittpunktes c der Stoßfuge an der unteren Fläche der Stufen von der Auftrittsfläche entnimmt, an die Profile der beiden Stirnenden anträgt und in dieser Entfernung horizontale Linien zieht. Die Schnittpunkte c' und c'' dieser Horizontalen mit den vorgezeichneten Stoßfugen b'c' Fig. 273 und b''c'' Fig. 274 bezeichnen die entsprechenden Kanten dieser Fugen, über welche die mit g'h' und g''h'' parallelen Linien gezogen werden, nach denen die Stirnenden der Stufen an der unteren Fläche zu bearbeiten sind. Die über die drei Schnittpunkte c, c' und c'' geführte Schnittlinie der Stoßfuge mit der unteren Schraubenfläche der Stufen kann keine gerade Linie sein, ihre Krümmung ist aber so unbedeutend, daß in der Regel diese drei genannten Punkte ausreichend sind, um vermittelst eines darüber geführten Kurvenlineals dieselbe vorzuzeichnen. Die Wangen, in welche die Stirnenden der Stufen eingelassen werden, müssen eine entsprechende Stärke erhalten. Ihre Breite hängt von der Festigkeit der Steine ab, kann aber füglich bei Freitreppen nicht unter 8 bis 10 Zoll betragen, und ihre Höhe, im rechten Winkel gegen die Oberkante gemessen, beträgt das $2^1/_2$= bis Dreifache der Höhe von den eingesetzten Stufen. Wir haben in Fig. 274, welche das Profil der Stufen bei ihrem Anschluß an die äußere Wange darstellt, die zugehörige Wange in ihrer Aufwickelung eingezeichnet, woraus die übliche Anordnung ersichtlich ist, die Stufen genau in die Mitte der Wangen einzulassen, so daß die obere Fläche derselben von den Vorderkanten der Stufen eben so weit absteht, wie die untere Fläche von den Hinterkanten der Stufen. Man vermehrt die Tragfähigkeit der Wangen und giebt den Stufen ein größeres Auflager dadurch, daß man den Wangen unterhalb der Auflage der Stufen nach Fig. 275, welche den rechtwinkeligen Durchschnitt der äußeren Wangen nach der in Fig. 274 eingezeichneten Stoßfuge ik darstellt, eine größere Breite giebt.

Je länger die von den Wangen zu unterstützenden Stufen sind, um so breiter wird der vorerwähnte Vorsprung angenommen, welcher das Auflager der Stufen vergrößert, ohne die benützbare obere Breite der Treppe zu vermindern. Krumme Wangen können selten aus einem Steine gearbeitet werden. Bestehen dieselben aus mehreren Stücken, deren Größe von dem dazu vorhandenen Materiale abhängig ist, so dient es zu großer Erleichterung bei deren Bearbeitung, wenn man allen Stücken eine gleiche Größe giebt, weil

in diesem Falle die für ein Stück herausgetragenen Schablonen auch für die übrigen Stücke anwendbar sind. Bei der Bestimmung der Stoßfugenfläche der aneinander stoßenden Stücke nimmt man am zweckmäßigsten an, daß die Stoßfugenfläche eine Ebene sei, normal gegen die Schraubenlinie geführt, welche der Mittelpunkt des Querschnitts der Wange beschreibt, indem durch diese als Ebene leicht zu bearbeitende Schnittfläche die allzu spitzen Winkel an den Kanten vermieden werden.

Zum Einzeichnen dieser Stoßfugen in die Horizontalprojektion (den Grundriß oder Grundschlag) der Wangen, und zum Auftragen der Schablonen, welche zur Anfertigung der Wangenstücke aus dem möglichst Kleinen erforderlich sind, dient das folgende Verfahren. Man trägt Fig. 276 im Grundrisse die Wange von unbestimmter Länge auf, zieht eine mit der Grundlinie GH der Vertikalprojektion parallele Sehne AB und entwirft einen Theil der Wange in der Vertikalprojektion Fig. 277. Da die Sehne AB parallel mit der Grundlinie GH angenommen ist, so liegen die Punkte lm und l'm', in welchen die inneren und äußeren Kanten sich schneiden, in der die Sehne AB halbirenden Senkrechten CD. Trägt man nun von dem Halbirungspunkt J des senkrechten Durchschnittes der Wange die Vertikalprojektion einer Tangente an die mittlere Schraubenlinie, und denkt man sich in dem Punkte J die Stoßfugenebene die Wangen schneidend, so wird der Schnitt eine durch den Punkt J gehende und senkrecht auf der Tangente HJ stehende gerade Linie sein. Indem wir die mit 9, 10 und 11, 12 bezeichneten Schnittpunkte dieser Ebene an den Kanten durch Senkrechte in die Horizontalprojektion tragen, erhalten wir die Horizontalprojektion des Schnittes an dieser Stelle. Nun sind aber die Horizontalprojektionen aller normal gegen die mittlere Schraubenlinie der Wangen geführten Schnitte genau dieselben und wir können, ist einmal die Länge eines Wangenstückes bestimmt, die in Fig. 276 gefundene Horizontalprojektion überall da antragen, wo sie der Länge des Wangenstückes entsprechend hingehört, wie dies in Fig. 276 in 1, 2, 3, 4 und 5, 6, 7, 8 angegeben ist.

Werden die im Grundriß Fig. 176 angetragenen Stoßfugen 1, 2, 3, 4 und 5, 6, 7, 8 des Wangenstückes von einer bestimmten Länge durch Senkrechte gegen die Grundlinie GH an die entsprechenden Kanten der Vertikalprojektion des Wangenstückes von unbestimmter Länge Fig. 277 aufwärts angetragen und gezeichnet, so ist die Vertikalprojektion dieses Wangenstückes vollendet.

Nimmt man an, es werde die Vertikalprojektionsebene durch zwei auf ihr senkrecht stehende und mit der Neigungslinie der Treppe an der Wangenseite parallele Ebenen geschnitten, deren Schnittlinien mit der Projektionsebene die Linien KL und MN in Fig. 277 sind, so stellen die Projektionen des Wangenstückes auf diesen Ebenen, welche mit Hülfe der Horizontalprojektion

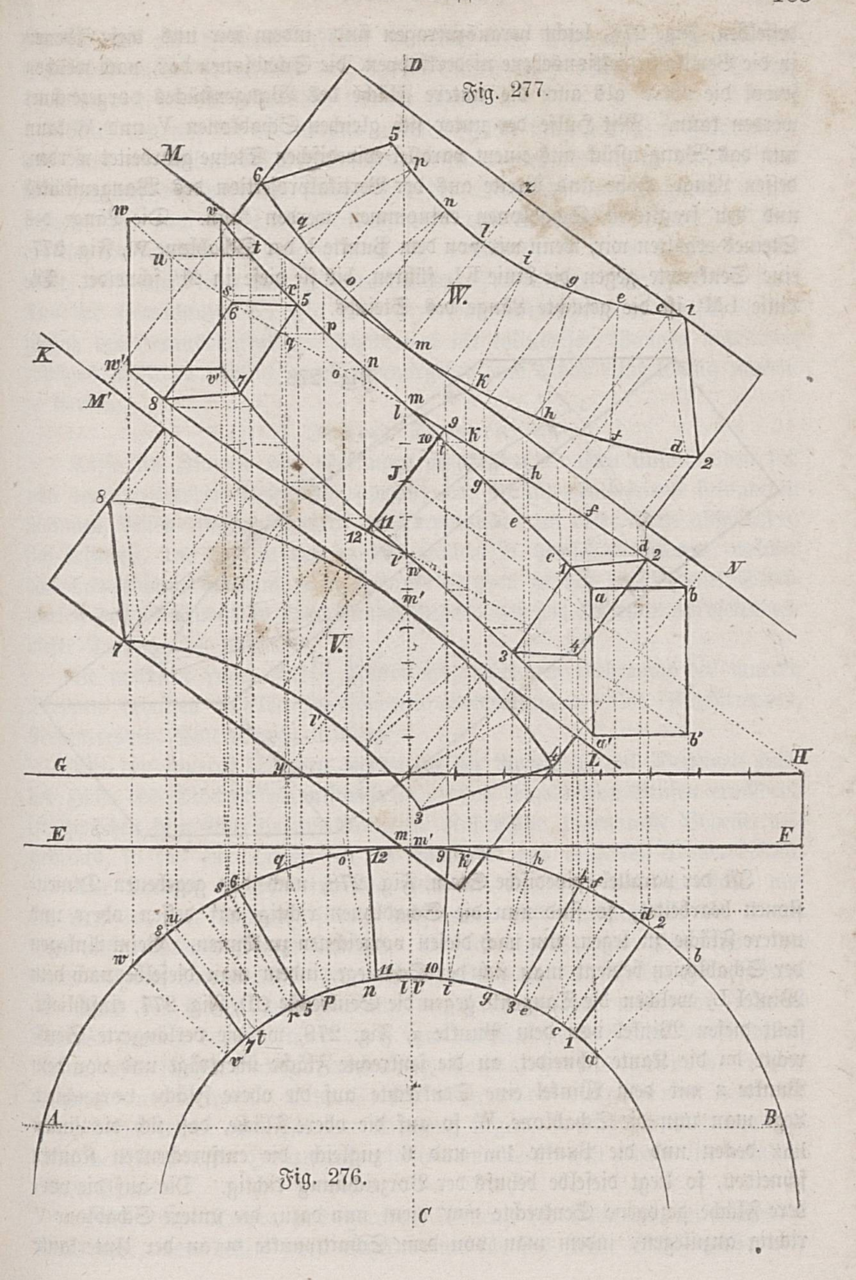


Fig. 277.

Fig. 276.

desselben, Fig. 276, leicht herauszutragen sind, indem wir uns diese Ebenen in die Vertikalprojektionsebene niederklappen, die Schablonen dar, nach welchen sowol die obere als auch die untere Fläche des Wangenstückes vorgezeichnet werden kann. Mit Hülfe der unter sich gleichen Schablonen V und W kann nun das Wangenstück aus einem parallel-epipedischen Steine gearbeitet werden, dessen Länge, Höhe und Breite aus der Vertikalprojektion des Wangenstückes und den fraglichen Schablonen entnommen werden kann. Die Länge des Steines erhalten wir, wenn wir von dem Punkte b der Schablone W, Fig. 277, eine Senkrechte gegen die Linie KL führen, bis sie diese in M' schneidet. Die Linie LM' ist die gesuchte Länge des Steines.

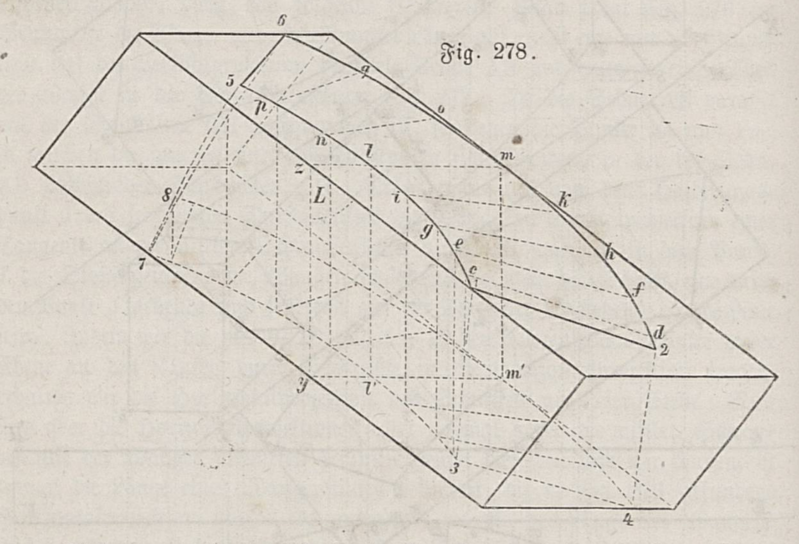


Fig. 278.

Ist der parallel-epipedische Stein, Fig. 278, nach den gegebenen Dimensionen bearbeitet, so sind nun die Schablonen richtig auf dessen obere und untere Fläche zu legen, um nach diesen vorzeichnen zu können. Beim Anlegen der Schablonen bedient man sich der Schmiege, indem man dieselbe nach dem Winkel L, welchen die Tangente gegen die Senkrechte CD, Fig. 277, einschließt, stellt diesen Winkel von dem Punkte z, Fig. 279, wo die verlängerte Senkrechte lm die Kante schneidet, an die senkrechte Fläche überträgt und von dem Punkte z mit dem Winkel eine Senkrechte auf die obere Fläche vorzeichnet. Legt man nun die Schablone W so auf die obere Fläche, daß sich die Linien lmz decken und die Punkte l'm und 6 zugleich die entsprechenden Kanten schneiden, so liegt dieselbe behufs der Vorzeichnung richtig. Die auf die vordere Fläche gezogene Senkrechte mm' dient nun dazu, die untere Schablone V richtig anzulegen, indem man von dem Schnittpunkte m an der Unterkante

des Steines auf die untere Fläche desselben eine Senkrechte zieht und die Schablone wieder so auflegt, daß sich die Linien l'm'y' decken und die Punkte 4, m' und 7 die entsprechenden Kanten schneiden.

Nach den auf der oberen und unteren Fläche vorgezeichneten Schablonen wird nun ein Cylinderstück bearbeitet, dessen erzeugende Linien parallel sind mit den auf der vorderen Fläche mit der Schmiege vorgezeichneten Senkrechten, und nach dessen Bearbeitung wird das Wangenstück durch das Bearbeiten der ebenen Stoßfugen 1, 2, 3, 4 und 5, 6, 7, 8 insoweit vollendet, daß nur noch die aufzunehmenden Stufenenden einzuarbeiten sind. Aus der Betrachtung der Fig. 278 wird das vorbeschriebene Verfahren bezüglich des Heraustragens der Schablonen für cylindrische Wangen und deren richtiges Auflegen deutlich genug hervorgehen, um davon Anwendung machen zu können.

Innere Treppen.

Diese im Innern von Gebäuden angelegten Treppen unterscheiden sich von den Freitreppen wesentlich dadurch, daß sie innerhalb eines besonderen Raumes, dessen Umfangsmauern die Treppenarme an einer Seite abschließen, sich befinden, und daß in den meisten Fällen in demselben Raume, welcher das Treppenhaus genannt wird, mehrere Treppen zu den verschiedenen Stockwerken des Gebäudes so übereinander liegen, daß die Horizontalprojektionen dieser Treppen sich decken.

Je nach der Lage, Größe, Ausbildung und dem Gebrauche der inneren Treppen erhalten dieselben verschiedene Benennungen, als: Prachttreppen, Nebentreppen, Kellertreppen u. s. w.

Bei den inneren Treppen werden in der Regel, da das Besteigen einer der Höhe des Stockwerkes entsprechend großen Anzahl von Stufen ermüdend ist, zwischen dem Antritte und Austritte Ruheplätze, sogenannte Podeste, angebracht, so daß jede Treppe für ein Stockwerk aus mehreren Armen besteht.

Die Treppen werden einarmig genannt, wenn zu derselben Höhe nur ein Arm in einer Richtung führt, auch wenn diese Treppen für ein Stockwerk aus mehreren Armen bestehen. Mehrarmige Treppen sind solche, bei denen mehrere Treppenarme in verschiedener Richtung zu derselben Höhe führen.

Nach der Form und Richtung der Treppenarme, welche bei inneren Treppen zumeist bedingt wird durch den zur Anlage derselben vorhandenen Raum, unterscheidet man *gerade aufgehende*, *gerade gebrochene* und *gewundene* Treppen. Eine Treppe ist *gerade aufgehend*, wenn die Arme derselben in einer geraden Richtung liegen, so daß die Begrenzungslinien derselben in der Horizontalprojektion ununterbrochen gerade und parallele Linien sind.

Besteht eine Treppe aus geraden Armen, die Richtung der einzelnen Arme aber, von denen jeder einzelne nur für sich seiner Breite nach durch

gerade und parallele Linien begrenzt wird, ist eine verschiedene, so daß sie entweder sich an den Umfangswänden des Treppenhauses hinziehen, oder vom Podeste nach entgegengesetzter Richtung führen, so wird sie gerade gebrochene Treppe genannt. Haben die Treppen krumme Arme, oder es werden bei geraden Armen die Stufen so angeordnet, daß sie an dem einen Ende eine geringere Breite erhalten als am anderen, wodurch die Richtungslinie für das Begehen verändert wird, so werden die Treppen gewundene Treppen genannt.

Beträgt die Windung einen Viertelskreis, so wird die Treppe eine viertelsgewundene genannt. Halbgewundene oder dreiviertelsgewundene Treppen sind solche, bei denen die Windung aus einem Halbkreis oder aus einem Dreiviertelskreis besteht. Bildet die Begrenzung der Treppe im Grundriß eine geschlossene krumme Linie und es findet eine Windung im Kreise oder einer anderen geschlossenen krummen Linie statt, so erhält sie den Namen Wendeltreppe. Erhalten die Wendeltreppen innere Wangen, die einen hohlen Raum — das Treppenlicht — von geringem Durchmesser umschließen, so werden sie Wendeltreppen mit hohler Spindel genannt; befindet sich aber im Inneren kein hohler Raum, so daß an die Stelle der inneren Wangen ein voller Pfosten tritt, welcher Spindel oder Mönch heißt, in welchem die Stufen mit ihrem schmalen Ende ein Auflager finden, oder welcher an das schmale Ende jeder einzelnen Stufe angearbeitet und so durch die Stufen selbst gebildet wird, so nennt man die Treppe eine Wendeltreppe mit voller Spindel oder mit vollem Mönch.

Abgesehen von der Form, unterscheidet man die Treppen als unterstützte und als freitragende Treppen.

Unterstützte Treppen sind solche, bei denen die beiden Enden der Stufen, oder die Stufen in ganzer Länge, oder deren Wangen, durch volle Mauern, Pfeiler, Bogen oder Gewölbe unterstützt sind.

Freitragende Treppen werden diejenigen Treppen genannt, bei welchen die Stufen nur an einem Ende unterstützt oder befestigt sind, am anderen Ende aber sich frei tragen. Nur die unterste Stufe ruht ihrer ganzen Länge und Breite nach auf dem Fundamente, die anderen Stufen werden von den nächstvorhergehenden nur auf die Breite der horizontalen Ueberdeckung und die Stoßfläche der Versetzung unterstützt.

Die durch volle Mauern, Pfeiler, Bogen oder Gewölbe unterstützten inneren Treppen sind von den ähnlich unterstützten Freitreppen in nichts unterschieden, so daß es überflüssig erscheint, derselben hier besonders zu gedenken.

Bei den inneren Treppen ist darauf zu sehen, daß durch die Unterstützung der inneren Enden der Stufen der Treppenraum nicht dunkel und unfreundlich wird. Dieser Anforderung entspricht die in Fig. 279 im Grundriß

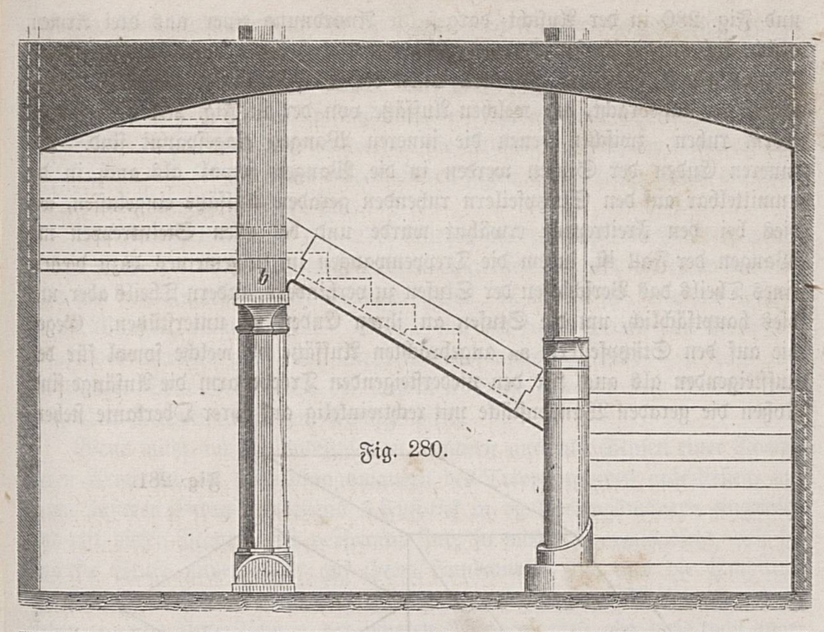


Fig. 280.

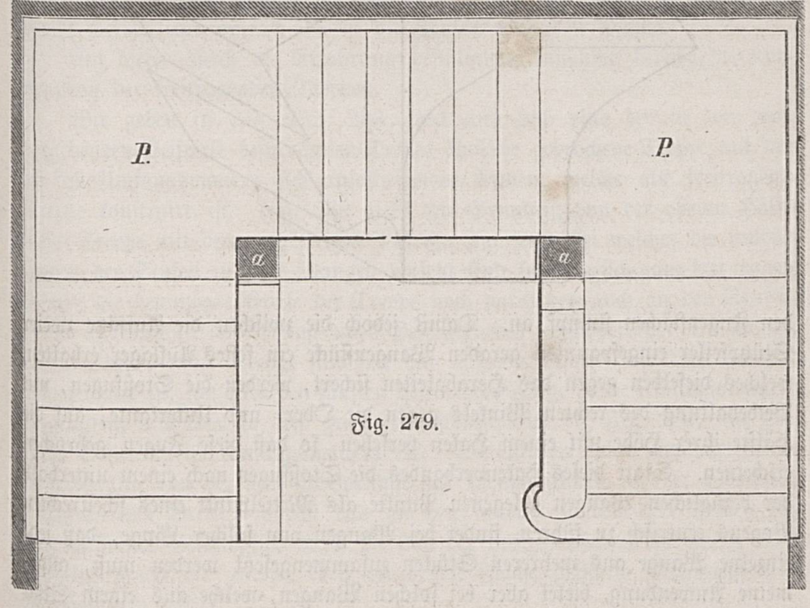
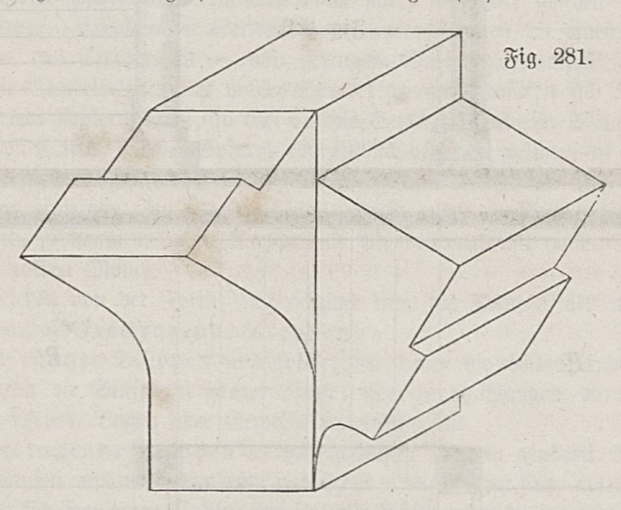


Fig. 279.

und Fig. 280 in der Ansicht dargestellte Anordnung einer aus drei Armen, welche sich an die Umfangsmauern anschließen, bestehenden, gerade gebrochenen Treppe mit 2 Podesten. In den Ecken des Treppenlichtes sind zwei Stützpfeiler aa angebracht, auf welchen Aufsätze von der in Fig. 281 dargestellten Form ruhen, zwischen denen die inneren Wangen eingespannt sind. Die inneren Enden der Stufen werden in die Wangen sowol als auch in die unmittelbar auf den Stützpfeilern ruhenden geraden Aufsätze eingelassen, wie dies bei den Freitreppen erwähnt wurde und bei allen Steintreppen mit Wangen der Fall ist, indem die Treppenwangen im Allgemeinen dazu dienen, eines Theils das Verschieben der Stufen zu verhindern, andern Theils aber, und dies hauptsächlich, um die Stufen an ihren Enden zu unterstützen. Gegen die auf den Stützpfeilern aa angebrachten Aufsätze b, welche sowol für den aufsteigenden als auch für den niedersteigenden Treppenarm die Anfänge sind, stoßen die geraden Wangenstücke mit rechtwinkelig auf ihrer Oberkante stehen-


Fig. 281.

den Fugenflächen stumpf an. Damit jedoch die zwischen die Aufsätze zweier Stützpfeiler eingespannten geraden Wangenstücke ein festes Auflager erhalten, welches dieselben gegen das Herabgleiten sichert, werden die Stoßfugen, mit Beibehaltung des rechten Winkels gegen die Ober- und Unterkante, auf die Hälfte ihrer Höhe mit einem Haken versehen, so daß diese Fugen gebrochen erscheinen. Statt dieses Hakenverbandes die Stoßfugen nach einem unterhalb der bezüglichen Wangen gelegenen Punkte als Mittelpunkt eines scheitrechten Bogens centrisch zu führen, findet bei Wangen von solcher Länge, daß jede einzelne Wange aus mehreren Stücken zusammengesetzt werden muß, allgemeine Anwendung, bietet aber bei solchen Wangen, welche aus einem Stück

bestehen, keine Vortheile dar vor dem in unserem Beispiele angeführten Hakenverbande.

Die äußeren Wangen werden am zweckmäßigsten auf mindestens die Hälfte ihrer Breite in die Umfangsmauern eingesetzt und vor dem Einsetzen der Stufen vermauert, und es werden die Stufen ebenfalls in dieselben eingelassen, so daß sie an ihren beiden Enden gegen das Drehen durch die übergreifenden Wangen gesichert sind.

Die Podeste P und P', Fig. 279, bestehen aus freiliegenden Platten, welche mit zwei Seiten in die Umfangsmauern eingreifen und mit der inneren freien Ecke auf den Untersätzen der Wangen ruhen, in welche sie, wie die Stufen in die Wangen, eingefügt sind. Da die eine der freien Seiten von der letzten Stufe des abwärts gerichteten Treppenarmes unterstützt wird — so liegt nur die hintere Seite frei, welche der untersten Stufe des von dem Podeste aufsteigenden Treppenarmes zur Auflage dient.

Wenn nicht nur die Podestplatten, sondern auch alle Stufen einer Treppe, deren Arme sich an die Umfangsmauern des Treppenraumes anschließen, mit ihren äußeren Enden mindestens 1 Fuß tief in die Umfangsmauern eingreifen und mit diesen Mauern fest verspannt sind, so wird — vorausgesetzt, daß die unterste Stufe unverrückbar auf ihrem Fundamente sitzt und die Stabilität der Umfangsmauern ausreichend ist, um dem Drehen der Stufen zu widerstehen — eine Unterstützung der inneren Wangen, oder, wo diese nicht angebracht werden, der inneren Enden der Stufen wegfallen können.

Auf dieser durch die Erfahrung bestätigten Annahme beruht die Konstruktion der freitragenden Treppen.

Wir geben in Fig. 282, 283, 284 und 285 eine der in dem vorhergehenden Beispiele besprochenen Treppe ähnliche gebrochene Treppe mit drei an den Umfangsmauern sich anschließenden Armen, welche als freitragende Treppe konstruirt ist. Fig. 282 giebt den Grundriß von der oberen Hälfte dieser Treppe mit dem zugehörigen Aufrisse, Fig. 283, bei welcher die inneren Enden der Stufen in keine Wangen versetzt sind, sondern sich ganz frei tragen, so daß die benutzbare Breite der Treppe noch durch den auch an den Stufenenden angebrachten Vorsprung eines Gesimsgliedes vermehrt ist. Die sämmtlichen Stufen dieser Treppe sind mit den äußeren Enden, wie dies punktirt eingezeichnet ist, um etwa den fünften Theil ihrer Länge in die Umfangsmauern eingelassen, und eben so tief greift die Podestplatte P', Fig. 282, mit zwei ihrer Seiten in die Umfangsmauern ein. Die Stufen haben eine horizontale Ueberdeckung von der dem Vorsprunge des Gesimsgliedes an der Oberkante entsprechenden Breite, so daß das an den inneren Enden der Stufen sich wiederkehrende Gesimsglied durch die von der horizontalen Ueberdeckung rechtwinkelig gegen die untere, eben bearbeitete Fläche geführte Versetzung nicht durchschnitten wird.

y

Fig. 285.

Fig. 283.

k

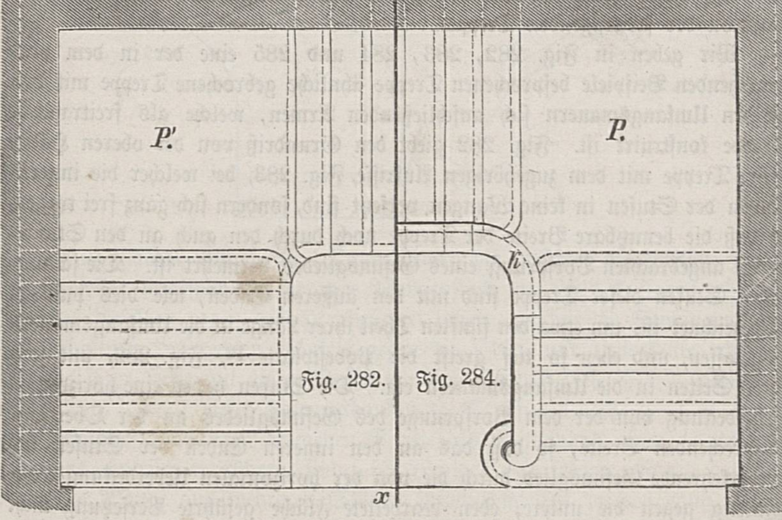


Fig. 282. Fig. 284.

Fig. 284 stellt den Grundriß von der unteren Hälfte derselben Treppe mit dem zugehörigen Aufriß Fig. 285 dar, bei welcher wir angenommen haben, daß die inneren Stufenenden in eine Wange gefügt sind, während im Uebrigen die Treppe eben so wie die in den Fig. 282 und 283 dargestellte obere Hälfte konstruirt ist. Die geraden Wangen werden an den Ecken, wo sie an der Podestplatte P Fig. 284 zusammentreffen, durch gekrümmte Wangenstücke K in Verbindung gesetzt, welche man Krümmlinge oder Kropfstücke nennt. Diese Krümmlinge werden cylindrisch geformt und können durch eine ansteigende Bewegung der senkrechten Schnittfläche der Wangen entstanden gedacht werden, wobei die Endpunkte des Rechtecks kongruente Schraubenlinien bilden.

Die Begrenzung dieser Krümmlinge wird in der Regel durch einen Viertelskreis gebildet, dessen Mittelpunkt in dem Durchschnitte der nach innen verlängerten Vorderkanten der, dem Podeste unmittelbar vorhergehenden, Stufe des unteren und der, dem Podeste zunächst folgenden, ersten Stufe des oberen Treppenarmes liegt.

Die Stoßfugen der an den Krümmling sich anschließenden geraden Wangen werden durch Verstreckung bestimmt. Um dieses Verfahren sowie das Heraustragen des Krümmlings behufs dessen Ausarbeitung deutlich zu machen, geben wir die Fig. 286, 287 und 288.

Um die Stoßfugen zu zeichnen und durch diese zugleich die Größe des Krümmlings zu bestimmen, trage man auf eine horizontale Linie AB, Fig. 287, einige Auftritte der geraden Arme und die Breite der Auftritte von den Stufen, welche sich an den Krümmling anschließen, aus dem Grundrisse Fig. 286 an, errichte in diesen Punkten Perpendikel und trage an dem Perpendikel der ersten Stufe so viele Steigungen auf, als man Auftritte an der horizontalen Linie bezeichnet hat. Zieht man von den Theilpunkten der Steigungen bis zu den Perpendikeln der entsprechenden Auftritte Horizontallinien, wie dies in Fig. 287 punktirt angegeben ist, so erhält man die Abwickelung der Stufenenden bei ihrem Anschluß an den Krümmling, sowie die sich damit vereinigenden Wangen; bestimmt man ferner den Vorsprung der Wange ober- und unterhalb der Stufen und zieht durch diese Punkte horizontale Linien bis zu den zugehörigen Auftritten, so erhält man die Abwickelung der Wange. Da die Auftritte 6, 7 und 8 kleiner sind als die der übrigen Stufen, so wird die Abwickelung der Wangen von gebrochenen Linien begrenzt sein, deren Winkel man durch passende Kreisbogen abrundet, damit in der Oberfläche der Wangen beim Anschluß derselben an den Krümmling keine Brüche entstehen.

Wir haben in Fig. 286 angenommen, daß die Vorderkanten der Stufen 6 und 8, welche verlängert den Krümmling k in spitzen Winkeln schneiden würden, sich in Kreisbogen an den Krümmling anschließen. Um diese Bogen zu bestimmen, theilt man den Viertelkreis des Krümmlings in drei gleiche Theile, zieht von den Theilpunkten Radien und verlängert dieselben, bis sie

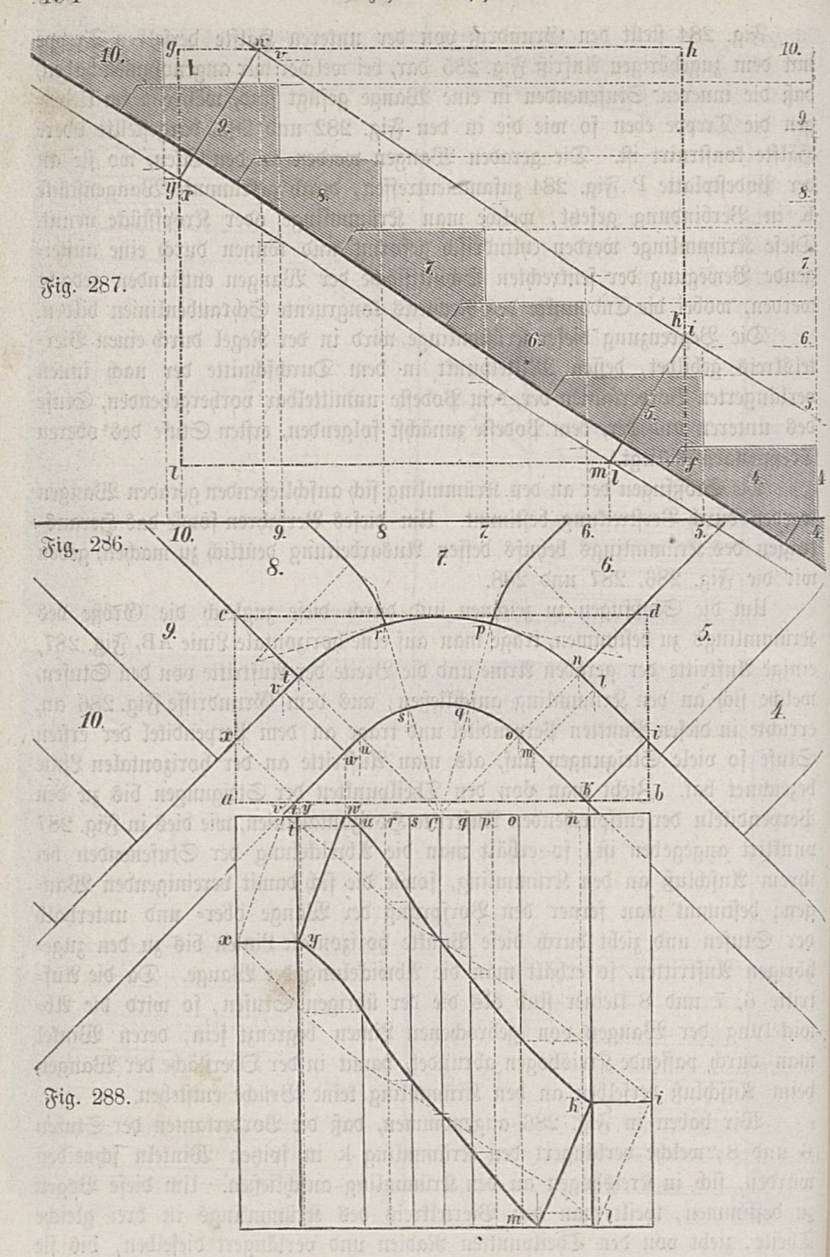


Fig. 287.

Fig. 286.

Fig. 288.

die Vorderkanten der Stufen 6 und 8 schneiden. Trägt man die Entfernung der Schnittpunkte von dem Krümmling von diesen Schnittpunkten an die geraden Vorderkanten der Stufen an, zieht von den angetragenen Punkten Senkrechte gegen die Vorderkanten und eben so Senkrechte von den Theilpunkten an den Viertelskreis des Krümmlings gegen die von diesen Theilpunkten gezogenen Radien, so sind die Schnittpunkte dieser Senkrechten an den entsprechenden Stufen die Mittelpunkte der Bogen, mit welchen sich diese Stufen an den Krümmling anschließen und zu welchen die zugehörigen Radien und Vorderkanten Tangenten sind.

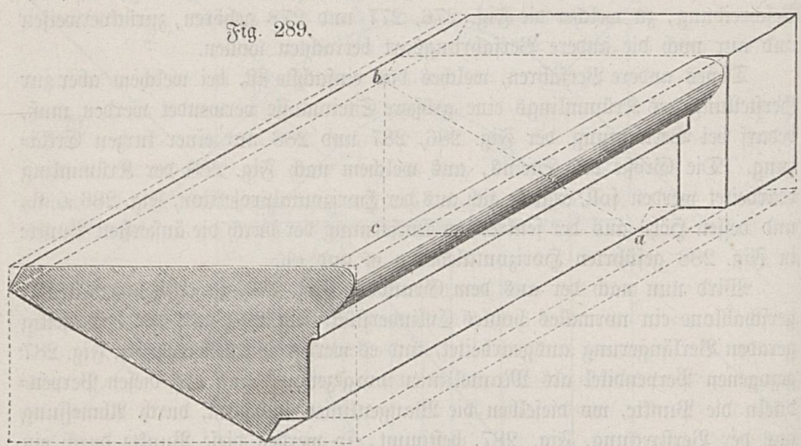
Sind die Stoßfugen der geraden Wangen, welche senkrecht gegen deren Oberkanten geführt werden, in der Abwickelung Fig. 287 so bestimmt, daß sie außerhalb des cylindrischen Krümmlings fallen, und sind diese Stoßfugen aus der Abwickelung entnommen und in den Grundriß, Fig. 286, angetragen, so kann nun die Bearbeitung des Krümmlings nach zwei verschiedenen Verfahrungsarten vorgenommen werden. Das eine Verfahren, bei welchem man mit der geringsten Steinmasse ausreicht, haben wir bereits in unserer Abhandlung über die Freitreppen mit krummen Armen beschrieben, so daß wir, da die Krümmlinge als Wangenstücke von Treppen mit krummen Armen betrachtet werden können, zur Vermeidung überflüssiger Wiederholung, auf diese Beschreibung, zu welcher die Fig. 276, 277 und 278 gehören, zurückverweisen und nur noch die andere Verfahrungsart betrachten wollen.

Dieses andere Verfahren, welches das einfachste ist, bei welchem aber zur Herstellung des Krümmlings eine größere Steinmasse verwendet werden muß, bedarf bei Betrachtung der Fig. 286, 287 und 288 nur einer kurzen Erklärung. Die Größe des Steins, aus welchem nach Fig. 288 der Krümmling bearbeitet werden soll, ergiebt sich aus der Horizontalprojektion, Fig. 286 acdb, und dessen Höhe aus der senkrechten Entfernung der durch die äußersten Punkte in Fig. 288 geführten Horizontalebenen ef und gh.

Wird nun nach der aus dem Grundriß, Fig. 286, zu entnehmenden Lagerschablone ein normales hohles Cylinderstück, Fig. 288, mit der beiderseitig geraden Verlängerung ausgearbeitet, und es werden auf diesem die in Fig. 287 gezogenen Perpendikel als Mantellinien vorgezeichnet und auf diesen Perpendikeln die Punkte, wo dieselben die Wangenlinien schneiden, durch Abmessung aus der Verstreckung, Fig. 287, bestimmt, so werden diese Punkte durch ein biegsames Lineal zusammengezogen und darnach die Kantenlinien der Wangen vorgezeichnet. Diese Vorzeichnung der Kantenlinien wird sowol auf der konvexen als auch auf der konkaven Fläche des Cylinderstücks vorgenommen, und es wird alsdann nach dieser Vorzeichnung die obere und untere Fläche so bearbeitet, daß die in Fig. 288 punktirt eingezeichneten Verbindungslinien zweier in einer äußeren und inneren Kante gelegenen Schnittpunkte von Perpendikeln, welche einem centrischen Schnitte im Grundriß, Fig. 286, zugehören, gerade

Linien bilden, die als erzeugende Linien der Schraubenfläche zu betrachten sind, welche die zugehörige obere oder untere Fläche des Krümmlings bildet. In Bezug auf die Bearbeitung der Stufen von freitragenden Treppen müssen wir noch bemerken, daß die untere Fläche der Stufen nur so weit nach der mit der Oberkante der Stufen parallelen ansteigenden Ebene bearbeitet wird, als die Stufen vor die Umfangsmauern treten. Die in die Umfangsmauern eingefügten Stufenenden werden nach der in Fig. 289 dargestellten perspektivischen Ansicht einer solchen Stufe, deren inneres Stirnende schraffirt ist, als Rechtecke bearbeitet, deren Höhe der Gesammthöhe und deren Breite der Gesammtbreite der Stufen entspricht. An der unteren Lagerfläche der recht winkelig bearbeiteten Stufenenden wird die horizontale Ueberdeckung sowie die Stoßfläche der Versetzung ebenfalls angearbeitet, sowie denn auch von dem oberen Lager aus die an dem vortretenden Theil der Stufe angebrachte Stoßfläche angearbeitet wird, damit die Stufen ihrer ganzen Länge nach sich gegenseitig unterstützen. Wie auf der vorderen Seite des in die Umfangsmauern eingefügten Stufenendes die durch das Profil des freiliegenden Theiles nicht gedeckte Fläche als zur Ansicht der Umfangsmauer gehörig bearbeitet wird, so ist dies auch auf der hinteren Seite der Fall, wo die sichtbare senkrechte Fläche das Dreieck abc bildet.

Fig. 289.



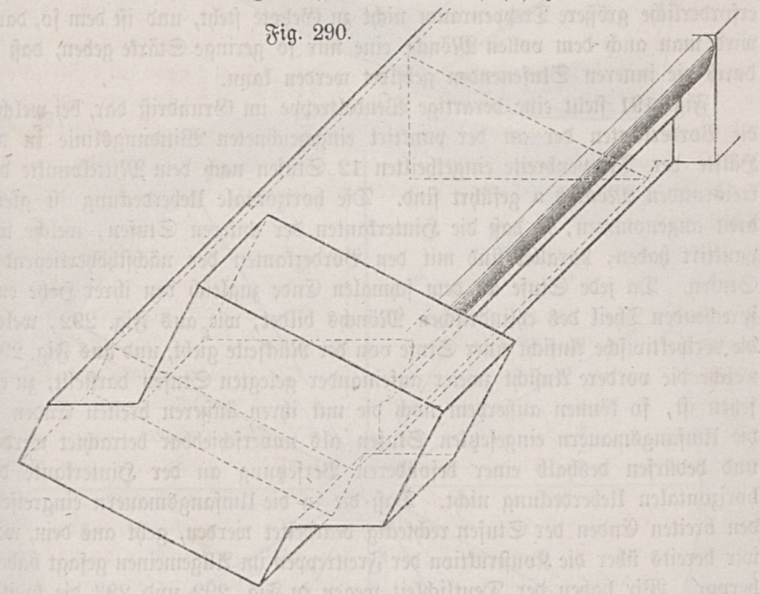
Bei den inneren freitragenden Treppen mit Wangen kommt es zuweilen vor, daß die Wangen nicht durch besondere für sich bestehende Steine gebildet werden, sondern daß dieselben Bestandtheile der Stufen bilden und aus so vielen Stücken bestehen, als die Treppe Stufen hat. Jede Stufe ist mit dem ihr zugehörigen Theile der Wange aus einem Stücke gearbeitet.

Aus der perspektivischen Ansicht, Fig. 290, einer Stufe mit dem dazu gehörigen Theile der mit der Stufe aus einem einzigen Steine bestehenden

Wange wird ersehen werden können, wie die gebrochenen Stoßfugen der Wangenstücke derartiger Treppen angeordnet werden ebenso daß die Ausführung nur mit einem bedeutenden Aufwand von Material ermöglicht werden kann, indem jede Stufe aus einem Steine bestehen muß, welcher ein um das zugehörige Wangenstück beschriebenes Rechteck zum senkrechten Durchschnitte hat. Bei Treppen mit geraden Armen wäre diese Verschwendung an Material und Arbeit nicht zu rechtfertigen, wol aber bei gewundenen Treppen mit krummen Armen, wo zuweilen die Windung einen hohlen Raum von geringem Durchmesser umschließt.

Wird die gewundene Treppe dadurch, daß die Windung aus einem vollen Kreis oder einer anderen geschlossenen Kurve besteht, zur Wendeltreppe,

Fig. 290.



so umschließt entweder die innere Wange einen hohlen Raum, oder es fehlt ein innerer hohler Raum und es tritt an die Stelle der inneren Wange ein voller Pfosten, welcher entweder durch die Enden der Stufen gebildet wird, oder es ist ein besonderer Pfosten, in welchen die Enden der Stufen eingesetzt sind.

Der volle Pfosten wird Spinel, oder Mönch und die innere Wange einer um einen hohlen Raum angelegten Wendeltreppe wird die hohle Spindel oder der hohle Mönch genannt. Hieraus geht hervor, was wir unter einer Treppe mit hohler Spindel und unter einer Treppe mit vollem Mönch zu verstehen haben.

Bei den Treppen mit hohler Spindel wird in der Regel die Spindel nicht für sich als eine besondere Wange aufgestellt, sondern es wird die Spindel mit an das innere Ende der Stufen, ähnlich wie wir dies in Fig. 291 für Treppen mit geraden Armen angegeben haben, angearbeitet. Die vollen Mönche als besondere Pfosten aufzustellen und in diese die inneren schmalen Enden der Wendelstufen ähnlich einzufügen, wie dies bei den Treppen mit aufgestellten Wangen geschieht, gehört bei Steintreppen zu den Seltenheiten und erscheint überhaupt nur in den Fällen gerechtfertigt, wenn der Durchmesser des Mönches größer ist als die größte Breite der Stufen an ihren äußeren Enden. In der Regel werden Wendeltreppen, welche die unbequemsten sind, nur in den Fällen angeordnet, wo der zur Anlage einer bequemeren Treppe erforderliche größere Treppenraum nicht zu Gebote steht, und ist dem so, dann wird man auch dem vollen Mönche eine nur so geringe Stärke geben, daß er durch die inneren Stufenenden gebildet werden kann.

Fig. 191 stellt eine derartige Wendeltreppe im Grundriß dar, bei welcher die Vorderkanten der an der punktirt eingezeichneten Windungslinie in der Hälfte der Treppenbreite eingetheilten 12 Stufen nach dem Mittelpunkte des kreisrunden Mönchs a geführt sind. Die horizontale Ueberdeckung ist gleich breit angenommen, so daß die Hinterkanten der unteren Stufen, welche wir punktirt haben, parallel sind mit den Vorderkanten der nächsthöherliegenden Stufen. Da jede Stufe an dem schmalen Ende zugleich den ihrer Höhe entsprechenden Theil des cylindrischen Mönchs bildet, wie aus Fig. 292, welche die perspektivische Ansicht einer Stufe von der Rückseite giebt, und aus Fig. 293, welche die vordere Ansicht zweier aufeinander gelegten Stufen darstellt, zu ersehen ist, so können außerdem noch die mit ihren äußeren breiten Enden in die Umfangsmauern eingesetzten Stufen als unverschiebbar betrachtet werden und bedürfen deshalb einer besonderen Versetzung an der Hinterkante der horizontalen Ueberdeckung nicht. Daß die in die Umfangsmauern eingreifenden breiten Enden der Stufen rechteckig bearbeitet werden, geht aus dem, was wir bereits über die Konstruktion der Freitreppen im Allgemeinen gesagt haben, hervor. Wir haben der Deutlichkeit wegen in Fig. 292 und 293 die breiten Enden der Stufen mit Weglassung des in die Umfangsmauern eingreifenden rechteckigen Theiles dargestellt und als Durchschnitt schraffirt.

Wir fügen diesem Beispiele einer Wendeltreppe mit vollem Mönche, deren einfache Konstruktion nach Ansicht der Fig. 291, 292 und 293 keiner weiteren Erläuterung bedarf, noch die Bemerkung hinzu, daß die von uns angenommene Richtung der Vorderkanten der Stufen nicht geradezu unbedingt beibehalten werden muß. Bei den Wendeltreppen mit vollem Mönch finden wir zuweilen die Vorderkanten der Stufen von den Theilpunkten an der mittleren Windungslinie so geführt, daß sie zu dem Kreise des Mönchs an der Vorderkante Tangenten bilden. Wir vermögen nicht, in dieser abweichenden

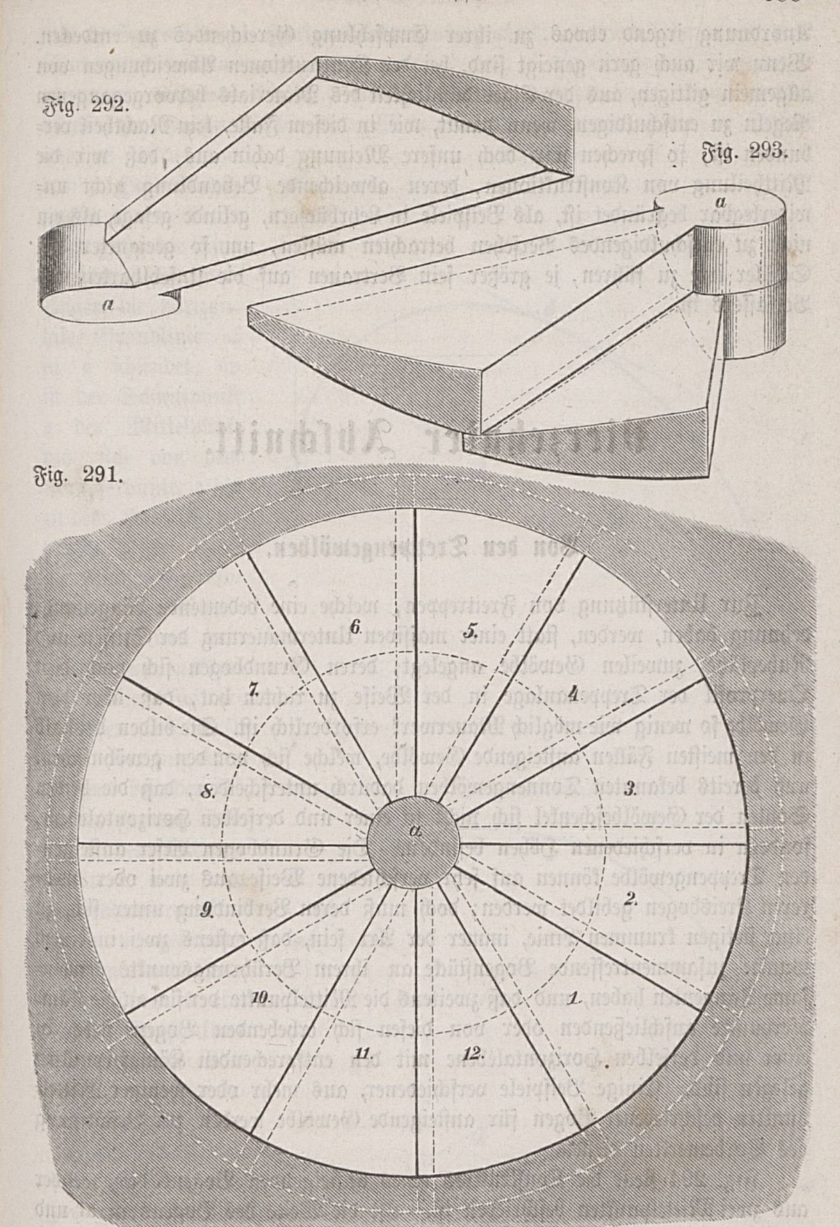


Fig. 292.

Fig. 293.

Fig. 291.

Anordnung irgend etwas zu ihrer Empfehlung Gereichendes zu entdecken. Wenn wir auch gern geneigt sind, bei den Konstruktionen Abweichungen von allgemein giltigen, aus der Eigenthümlichkeit des Materials hervorgegangenen Regeln zu entschuldigen, wenn damit, wie in diesem Falle, kein Nachtheil verbunden ist, so sprechen wir doch unsere Meinung dahin aus, daß wir die Mittheilung von Konstruktionen, deren abweichende Behandlung nicht unwiderlegbar begründet ist, als Beispiele in Lehrbüchern, gelinde gesagt, als ein nicht zu entschuldigendes Versehen betrachten müssen, um so geeigneter den Schüler irre zu führen, je größer sein Vertrauen auf die Unfehlbarkeit des Verfassers ist.

Vierzehnter Abschnitt.

Von den Treppengewölben.

Zur Unterstützung von Freitreppen, welche eine bedeutende Längenausdehnung haben, werden, statt einer massiven Untermauerung der Stufen und Ruheplätze, zuweilen Gewölbe angelegt, deren Grundbogen sich nach dem Querprofil der Treppenanlage in der Weise zu richten hat, daß über dem Gewölbe so wenig wie möglich Mauerwerk erforderlich ist. Sie bilden deshalb in den meisten Fällen ansteigende Gewölbe, welche sich von den gewöhnlichen, uns bereits bekannten Tonnengewölben dadurch unterscheiden, daß die beiden Sohlen der Gewölbeschenkel sich nicht in einer und derselben Horizontalebene, sondern in verschiedenen Höhen befinden. Die Grundbogen dieser ansteigenden Treppengewölbe können auf sehr verschiedene Weise aus zwei oder mehreren Kreisbogen gebildet werden; doch muß deren Verbindung unter sich, zu einer stetigen krummen Linie, immer der Art sein, daß erstens zwei in einem Punkte zusammentreffende Bogenstücke an ihrem Berührungspunkte gemeinsame Tangenten haben, und daß zweitens die Mittelpunkte der sich an die Kämpferpunkte anschließenden oder von diesen sich erhebenden Bogen stets in einer und derselben Horizontalebene mit den entsprechenden Kämpferpunkten gelegen sind. Einige Beispiele verschiedener, aus mehr oder weniger Mittelpunkten beschriebener Bogen für ansteigende Gewölbe werden zur Bestätigung des Vorbemerkten dienen.

Fig. 294 stellt die Konstruktion eines ansteigenden Bogens dar, welcher aus zwei Mittelpunkten beschrieben ist. Ist die Weite des Bogens in af und die Steigung desselben in fc gegeben, so werden von den Kämpferpunkten a

und c Senkrechte zur Horizontalebene af errichtet; es wird sodann in diese Senkrechten von a nach e sowie von c nach d die Größe der Neigung cf angetragen und von d nach e eine gerade Linie gezogen, welche nun parallel ist mit der Steigungslinie ab. Wird nun die ansteigende Linie ed halbirt und es wird von dem Halbirungspunkte b eine Senkrechte gegen die Linie errichtet, welche verlängert die horizontale Grundlinie af in g schneidet, so ist der Schnittpunkt g der Mittelpunkt des sich von dem Kämpferpunkte a bis zu dem Halbirungspunkte b der Linie de erhebenden Bogens. Der Mittelpunkt des von dem höher gelegenen Kämpferpunkte c sich erhebenden und bei b sich vereinigenden Bogens befindet sich an der geraden Linie bg, in dem Schnittpunkte h einer von dem Kämpferpunkt c gegen bg geführten horizontalen Linie. Diese überaus einfache Konstruktion eines aus zwei Mittelpunkten beschriebenen ansteigenden Bogens entspricht den gestellten Anforderungen vollkommen, denn es haben

Fig. 294.

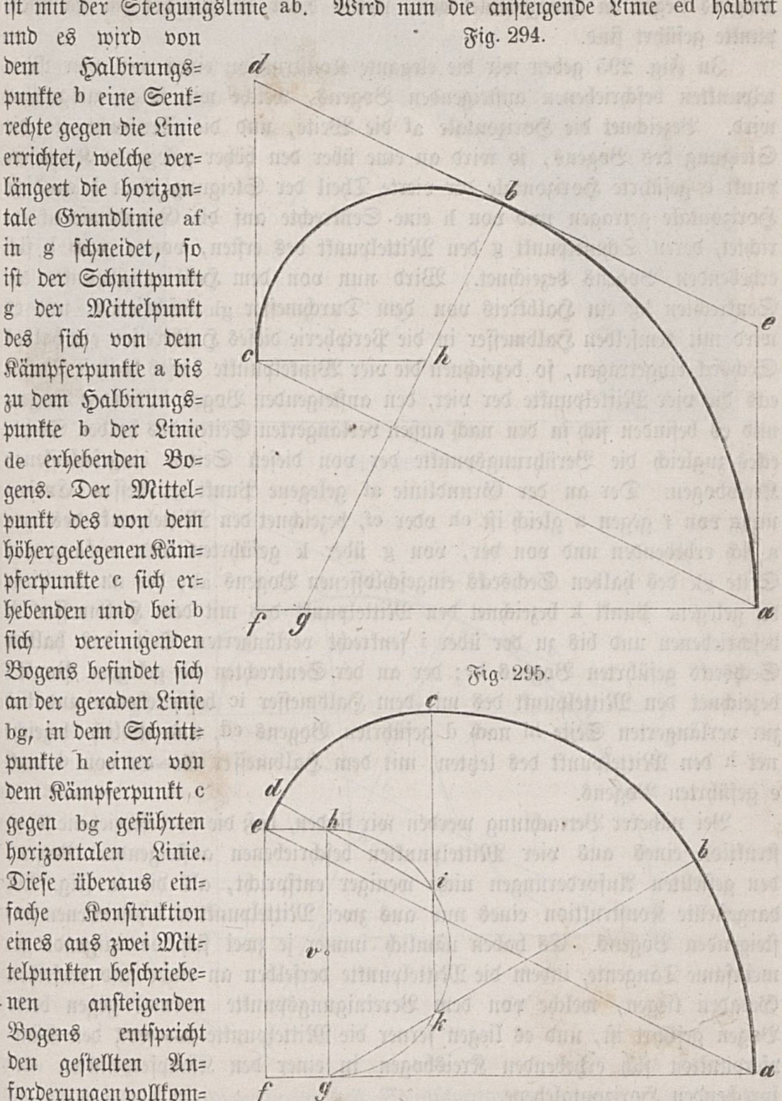


Fig. 295.

die Bogen ab und bc, deren Mittelpunkte an einer geraden Linie gelegen sind, in dem gemeinsamen Schnittpunkte b dieser geraden Linie und der beiden Bogen gemeinsame Tangenten und die Mittelpunkte eines jeden Bogens liegen in Horizontalebenen, welche durch die zugehörigen Kämpferpunkte geführt sind.

In Fig. 295 geben wir die elegante Konstruktion eines aus vier Mittelpunkten beschriebenen ansteigenden Bogens, welche wie folgt ausgeführt wird. Bezeichnet die Horizontale af die Weite, und die Senkrechte fe die Steigung des Bogens, so wird an eine über den höher gelegenen Kämpferpunkt e geführte Horizontale der vierte Theil der Steigung ef in h an diese Horizontale getragen und von h eine Senkrechte auf die Grundlinie af errichtet, deren Schnittpunkt g den Mittelpunkt des ersten, von a nach b sich erhebenden Bogens bezeichnet. Wird nun von dem Halbirungspunkte der Senkrechten hg ein Halbkreis von dem Durchmesser gh beschrieben, und es wird mit demselben Halbmesser in die Peripherie dieses Halbkreises ein halbes Sechseck eingetragen, so bezeichnen die vier Winkelpunkte dieses halben Sechsecks die vier Mittelpunkte der vier, den ansteigenden Bogen bildenden Bogen, und es befinden sich in den nach außen verlängerten Seiten des halben Sechseckes zugleich die Berührungspunkte der von diesen Seiten eingeschlossenen Kreisbogen. Der an der Grundlinie af gelegene Punkt g, dessen Entfernung von f gegen a gleich ist eh oder ef, bezeichnet den Mittelpunkt des von a sich erhebenden und von der, von g über k geführten und verlängerten Seite gk des halben Sechsecks eingeschlossenen Bogens ab; der an der Linie bg gelegene Punkt k bezeichnet den Mittelpunkt des mit dem Halbmesser bk beschriebenen und bis zu der über i senkrecht verlängerten Seite des halben Sechsecks geführten Bogens bc; der an der Senkrechten kc gelegene Punkt i bezeichnet den Mittelpunkt des mit dem Halbmesser ic beschriebenen und bis zur verlängerten Seite hi nach d geführten Bogens cd, und endlich bezeichnet h den Mittelpunkt des letzten, mit dem Halbmesser dh=eh von d nach e geführten Bogens.

Bei näherer Betrachtung werden wir finden, daß die vorbeschriebene Konstruktion eines aus vier Mittelpunkten beschriebenen ansteigenden Bogens den gestellten Anforderungen nicht weniger entspricht, als die in Fig. 294 dargestellte Konstruktion eines nur aus zwei Mittelpunkten beschriebenen ansteigenden Bogens. Es haben nämlich immer je zwei sich vereinigende gemeinsame Tangente, indem die Mittelpunkte derselben an einer und derselben Geraden liegen, welche von dem Vereinigungspunkte normal gegen beide Bogen geführt ist, und es liegen ferner die Mittelpunkte der von den Kämpferpunkten sich erhebenden Kreisbogen in einer den Kämpferpunkten entsprechenden Horizontalebene.

Fig. 296 giebt die Anordnung der Fugenschnittlinien eines ansteigenden

Treppengewölbes, von dessen Grundbogen in Fig. 297 die Konstruktion angegeben ist. Die Richtung der Fugenschnittlinien eines jeden Bogens wird,

Fig. 296.

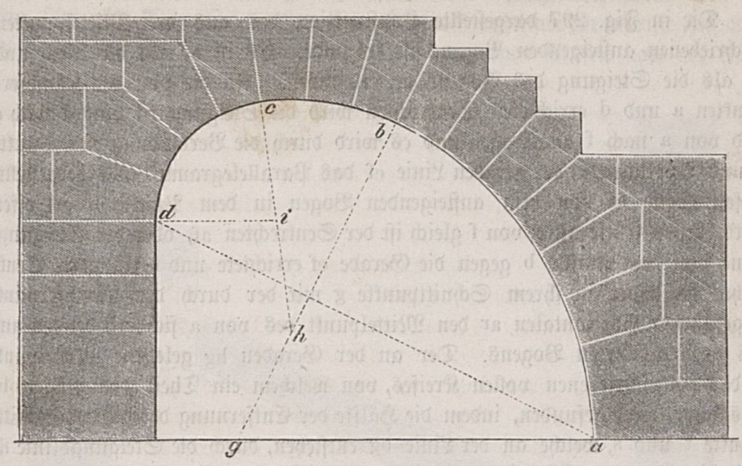
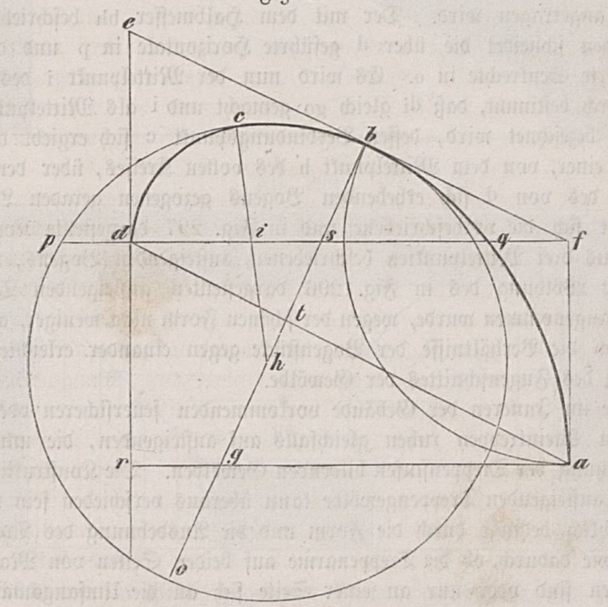


Fig. 297



den allgemeinen Anforderungen des Steinschnittes entsprechend, normal zur Tangente der Theilpunkte sein müssen; demnach werden die in einem Bogen=

stücke vorkommenden Lagerfugen, wie dies aus Fig. 296 zu ersehen ist, von ihren Theilpunkten nach dem Mittelpunkte des Bogens gezogen, von welchem sie einen Theil ausmachen.

Die in Fig. 297 dargestellte Konstruktion des aus drei Mittelpunkten beschriebenen ansteigenden Bogens ist folgende. Es ist ar als die Weite und ad als die Steigung des Bogens angenommen. An die von den Kämpferpunkten a und d errichteten Senkrechten wird die Steigung rd von d nach e und von a nach f angetragen und es wird durch die Verbindung der Punkte e und f vermittelst der geraden Linie ef das Parallelegramm adef hergestellt, dessen Seite ef von dem ansteigenden Bogen in dem Punkte b getroffen wird, dessen Entfernung von f gleich ist der Senkrechten af, oder der Steigung. Eine von dem Punkte b gegen die Gerade ef errichtete und verlängerte Senkrechte bezeichnet in ihrem Schnittpunkte g mit der durch den Kämpferpunkt a geführten Horizontalen ar den Mittelpunkt des von a sich erhebenden und bis zu b geführten Bogens. Der an der Geraden bg gelegene Mittelpunkt h des eingeschriebenen vollen Kreises, von welchem ein Theil den Bogen bc ausmacht, wird gefunden, indem die Hälfte der Entfernung der beiden Schnittpunkte t und s, welche an der Linie bg entstehen, durch die Steigungslinie da und die über den Kämpferpunkt d gezogene Horizontale dg, von t abwärts nach h angetragen wird. Der mit dem Halbmesser bh beschriebene volle Kreisbogen schneidet die über d geführte Horizontale in p und die gegen ef geführte Senkrechte in o. Es wird nun der Mittelpunkt i des Bogens cd dadurch bestimmt, daß di gleich go gemacht und i als Mittelpunkt dieses Bogens bezeichnet wird, dessen Verbindungspunkt c sich ergiebt durch den Schnitt einer, von dem Mittelpunkt h des vollen Kreises, über den Mittelpunkt i des von d sich erhebenden Bogens gezogenen geraden Linie. Es empfiehlt sich die vorbeschriebene und in Fig. 297 dargestellte Konstruktion eines, aus drei Mittelpunkten beschriebenen, ansteigenden Bogens, nach welchem die Wölbung des in Fig. 296 dargestellten ansteigenden Treppengewölbes angenommen wurde, wegen der schönen Form nicht weniger, als wegen der durch die Verhältnisse der Bogenstücke gegen einander erleichterten Anordnung des Fugenschnittes der Gewölbe.

Die im Inneren der Gebäude vorkommenden feuersicheren oder schwerbelasteten Steintreppen ruhen gleichfalls auf ansteigenden, die unmittelbare Unterstützung der Treppenstufen bildenden Gewölben. Die Konstruktion dieser inneren ansteigenden Treppengewölbe kann überaus verschieden sein und wird hauptsächlich bedingt durch die Form und die Ausdehnung des Treppenraumes, sowie dadurch, ob die Treppenarme auf beiden Seiten von Mauern eingeschlossen sind oder nur an einer Seite sich an die Umfangsmauern des Treppenraumes anschließen, an der anderen Seite aber dem freien Raume des Treppenlichtes zugewendet sind.

Als Beispiel eines ansteigenden Gewölbes, zur Unterstützung einer feuersicheren Treppe, welche in einem quadraten Raume in vier Armen um einen ebenfalls quadraten Pfeiler als gewundene Treppe angelegt ist, geben wir die Fig. 298 und 299. Aus dem nur zur Hälfte gezeichneten Grundrisse Fig. 299 sehen wir, daß die Richtung der punktirt angegebenen Stufen nach der Achse

Fig. 298.

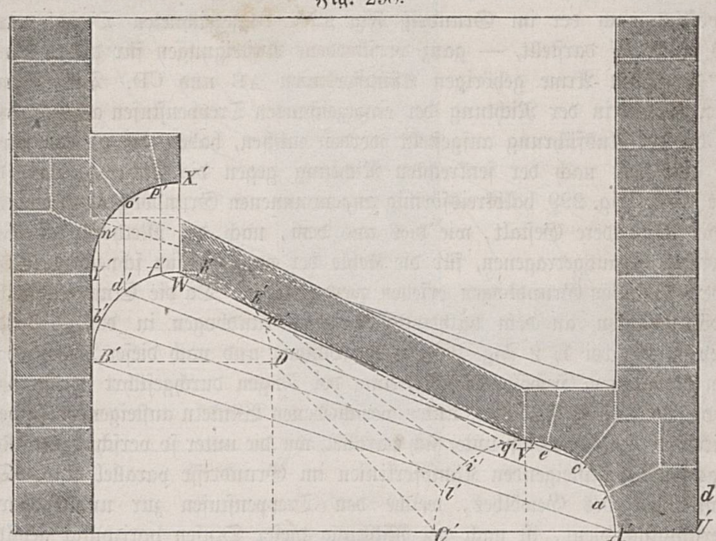
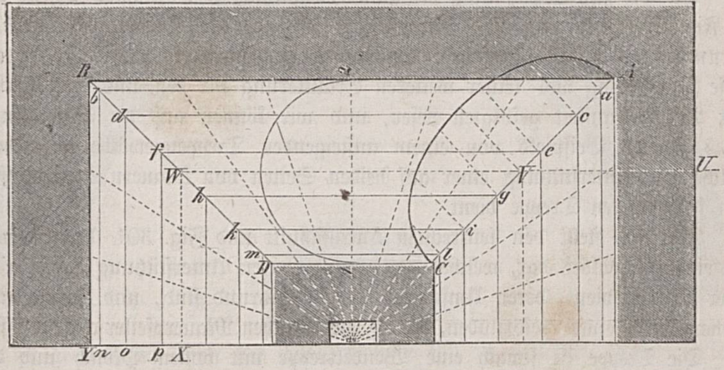


Fig. 299.



des ebenfalls nur zur Hälfte gegebenen Pfeilers geführt ist und daß das unterstützende ansteigende Tonnengewölbe ein eigenthümliches Gewölbe bildet, von welchem die in der Richtung der centrischen Treppenstufen an dem inne=

ren Mauerpfeiler und an der äußeren Mauer befindlichen Kämpferpunkte zusammengehörige sind, demnach in gleicher Höhe liegen. Da hiernach die an der äußeren Umfangsmauer gelegenen Kämpferpunkte A und B beziehungsweise in gleicher Höhe sich befinden, wie die, an dem inneren Pfeiler gelegenen, zugehörigen Kämpferpunkte C und D, so ergeben sich daraus, wie aus Fig. 299 zu ersehen, — welche den Durchschnitt dieses vierarmigen, ansteigenden Gewölbes nach der im Grundriß Fig. 299 eingezeichneten Durchschnittslinie H, W, U darstellt, — ganz verschiedene Ansteigungen für die zu einem und demselben Arme gehörigen Kämpferlinien AB und CD. Die Grundbogen, welche in der Richtung der eingezeichneten Treppenstufen angenommen und bei der Ausführung aufgestellt werden müssen, haben, bei gleicher Pfeilhöhe mit dem nach der senkrechten Richtung gegen die Mauern, nach der Linie 1—2 Fig. 299 halbkreisförmig angenommenen Grundbogen, unter jeder Stufe eine andere Gestalt, wie dies aus dem, nach der Methode der Vergatterung herausgetragenen, für die Kehle der nach AC sich schneidenden Gewölbe bestimmten Grundbogen ersehen werden kann. Da die Eintheilung der Gewölbeschichten an dem halbkreisförmigen Grundbogen in der Mitte der Treppenarme, bei 1, 2 Fig. 299, vorgenommen und nach dieser Theilung an jedem bezüglichen Gewölbe die Richtung der Fugen durchgeführt ist, so bleiben die im Aufriß, Fig. 298, unter verschiedenen Winkeln ansteigenden Fugenschnittlinien im Grundriß unter sich parallel, wie die unter so verschiedenen Neigungswinkeln ansteigenden Kämpferlinien im Grundrisse parallel sind. Die Mantelfläche des Gewölbes, welche den Treppenstufen zur unmittelbaren Unterstützung dient, ist nach der Richtung dieser Stufen horizontal gebildet und sonach als Schraubenfläche zu betrachten.

Da wir zur Bezeichnung der zum Verständniß wesentlichsten Theile des in Fig. 298 und Fig. 299 dargestellten ansteigenden Treppengewölbes im Grund- und Aufrisse dieselben Buchstaben eingeschrieben haben, so bedarf diese Darstellung wol keiner weiteren Erläuterung für den uns bis hierher mit Aufmerksamkeit gefolgten Leser, und wir können auf die Betrachtung eines zweiten Beispiels von einem ansteigenden Treppengewölbe übergehen, welches zur Unterstützung einer auf beiden Seiten von Mauern eingeschlossenen feuersicheren Treppe dient.

Fig. 300 stellt den senkrechten Durchschnitt und Fig. 301 den Grundriß eines Gewölbes dar, welches zur unmittelbaren Unterstützung der Stufen einer Treppe dient, deren Umfangsmauern kreisrund sind, und welche nach Innen durch einen kreisrunden, sonach cylindrischen Mauerpfeiler abgeschlossen ist. Die Treppe ist sonach eine Wendeltreppe mit vollem Mönch und die Richtung der Stufen ist selbstverständlich centrisch gegen die Achse des Mauerpfeilers. Das zur unmittelbaren Unterstützung dieser Wendeltreppe angebrachte Gewölbe bildet ein ringförmiges, ansteigendes Tonnengewölbe von

gleicher Steigung mit den Treppenstufen, und die Mantelfläche desselben, auf welche die Stufen unmittelbar versetzt werden sollen, muß eine Schraubenfläche sein, deren horizontale erzeugende Linien bei ihrer Fortbewegung

Fig. 300.

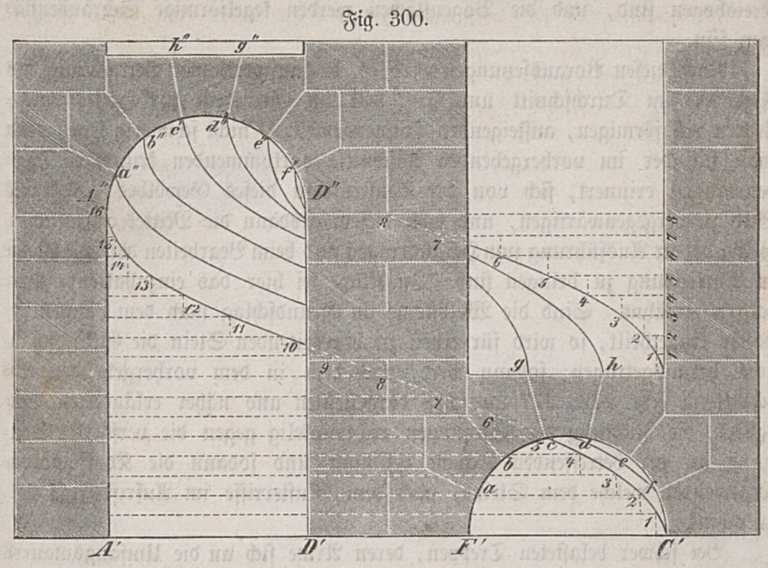
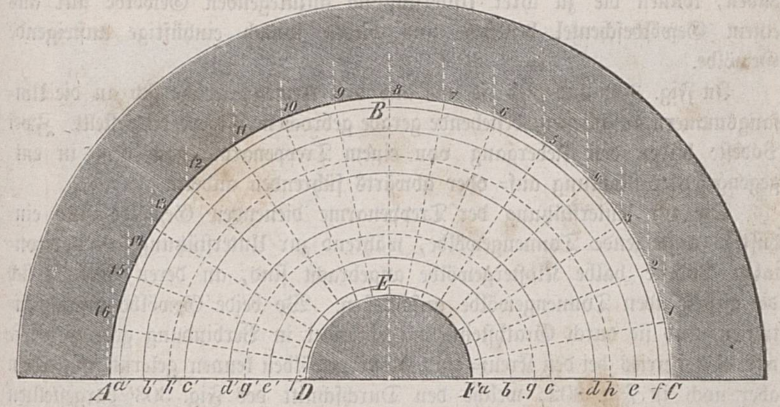


Fig. 301.



um die gemeinsame Achse des Mauerpfeilers sich in gleichem Maße erheben wie die Vorderkanten der Treppenstufen, welche ebenfalls als erzeugende Linien einer Schraubenfläche gedacht werden. Die Leibungsfläche des Gewölbes wird erzeugt durch eine gleichmäßige und in demselben Verhältniß wie die Treppen=

stufen ansteigende Fortbewegung des Grundbogens um die gemeinsame Achse des Mauerpfeilers. Die Theilpunkte für den Fugenschnitt des Gewölbes werden bei dieser Fortbewegung Schraubenlinien bilden, welche im Grundriß Kreisbogen sind, und die Bogenflächen werden kegelförmige Schraubenflächen sein.

Nach diesen Voraussetzungen wird es, bei aufmerksamer Betrachtung des Fig. 300 im Durchschnitt und Fig. 301 im Grundriß zur Hälfte dargestellten ringförmigen, ansteigenden Tonnengewölbes, nicht schwierig sein, wenn man sich der im vorhergehenden Abschnitte vorkommenden krummen Treppenwangen erinnert, sich von der Konstruktion dieses Gewölbes ein klares Bild zu vergegenwärtigen, und nach diesem alsdann die Mittel aufzusuchen, welche bei der Ausführung zum Heraustragen und beim Bearbeiten der Wölbsteine in Anwendung zu bringen sind. In Kürze sei hier das einzuhaltende Verfahren erwähnt. Sind die Wölbsteine im Grundschlag nach dem Längenverbande eingetheilt, so wird für einen zu bearbeitenden Stein die Grundschablone herausgetragen; sodann wird, nach dem in dem vorhergeheuden Abschnitt in Fig. 276, 277 und 278 dargestellten und näher erläuterten Verfahren, die Richtung der Stoßfugen rechtwinkelig gegen die verstärkte Steigung an der betreffenden Schicht bestimmt und sodann die Kopfschablone angewendet, welche dem Steine, nach dem Musterrisse im Aufriß Fig. 301, zukommt.

Bei schwer belasteten Treppen, deren Arme sich an die Umfangsmauern des Treppenraumes anschließen, zwischen sich aber ein freies Treppenlicht haben, können die zu ihrer Unterstützung anzulegenden Gewölbe nur aus einem Gewölbeschenkel bestehen und bilden sonach einhüftige ansteigende Gewölbe.

In Fig. 302 und 303 ist eine aus drei Armen, welche sich an die Umfangsmauern anschließen, bestehende gerade gebrochene Treppe dargestellt. Zwei Podeste bilden den Uebergang von einem Treppenarme nach dem in entgegengesetzter Richtung auf- oder abwärts führenden andern.

Die zur Unterstützung der Treppenarme dienenden Gewölbe sind einhüftige ansteigende Tonnengewölbe, während zur Unterstützung der horizontalen Podeste halbe Klostergewölbe angebracht sind, an deren Stirnen sich die ansteigenden Tonnengewölbe anschließen. Wo beide Gewölbe zusammentreffen, sind sie durch Grathsteine mit einander in Verbindung gebracht, wie wir dies bereits bei den Kreuz- und Klostergewölben kennen gelernt, außerdem aber noch in Fig. 302., welche den Durchschnitt des Fig. 303 dargestellten Treppengewölbes giebt, angezeigt haben. Die Treppenarme sind gegen das Treppenlicht durch Wangen abgeschlossen, welche durch die Schlußsteinschichten der einhüftigen ansteigenden Gewölbe gebildet werden. Diese Schlußsteinschichten sind beim An- und Austritt der Treppenarme durch horizontale, auf

den Mauern ruhende Steine von gleicher Höhe verspannt, und es bilden die von diesen Spannschichten auf= oder abwärts gerechneten Wangensteine der nach den Podesten führenden Treppenarme zugleich Schlußschichten der

Fig. 302.

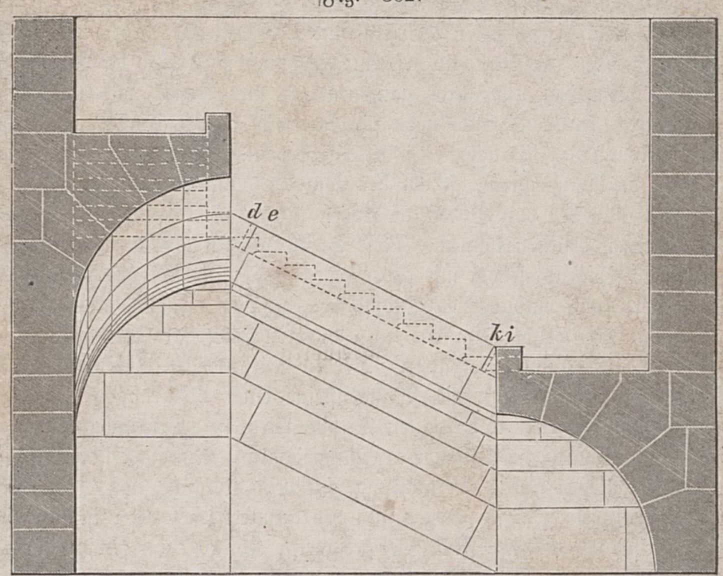
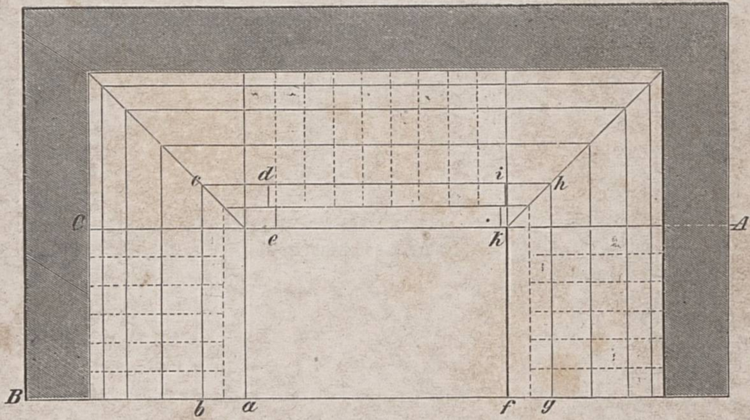


Fig. 303.



ansteigenden einhüftigen Gewölbe und greifen in die von Podest zu Podest führenden Wangensteine über, welche sich mit rechtwinkelig gebrochenen und nach innen versetzten Stoßflächen an die ersteren anschließen und mit diesen

verspannt sind. Die an beiden Enden unterstützten, vom An- und Austritt nach den Podesten führenden Wangensteine sind sonach Anfänger für die von Podest zu Podest führenden Wangensteine. Da im Grundriß Fig. 303 die Treppenanlage nur zum Theile gegeben ist, so konnte die Verspannung der auf- und abwärts gerichteten Wangensteine beim An- und Austritt der Treppe nicht eingezeichnet werden, und erscheint dies auch unnöthig, da die zur Verspannung dienenden und ihrer ganzen Länge und Breite nach unterstützten Steine durch senkrechte Stoßfugen sich einerseits an die Umfangsmauer und andererseits an die Wangensteine der Treppenarme anschließen. Es leuchtet ein, daß die Wangensteine, sowol der vom An- und Austritt nach den Podesten als auch der von Podest zu Podest führenden Treppenarme, aus mehreren Steinen bestehen können. Diese Steine werden alsdann nach Art eines scheitrechten Bogens, jedoch mit gebrochenen und unter sich durch die uns bekannte Versetzung verbundenen Stoßflächen, zusammengesetzt, und gehen von Anfängern aus, welche beim An- und Austritt sowol als auch bei den Podesten ihre Unterstützung erhalten. Der in dem vorigen Abschnitt Fig. 281 dargestellte Anfänger für die Wangensteine einer dreiarmigen, unter den Podesten durch Pfeiler unterstützten Treppe wird zur Veranschaulichung genügen und deshalb eine weitere Darstellung ähnlicher Anfänger überflüssig sein.

Wir schließen unsere Betrachtung mit dem Wunsche, daß die gegebenen wenigen Beispiele genügen mögen, um den aufmerksamen Leser in den Stand zu setzen, für abweichende Fälle die geeignetste Konstruktion selbst zu finden.

Ende des Bandes.

Druck von Bär & Hermann in Leipzig.

Die

Schule des Maurers.

Die

Schule der Baukunst.

Ein Handbuch

für Architekten, Bau- und Gewerbschulen und zum Selbstunterricht

für

Bauhandwerker und Bauunternehmer.

Zweiter Band.

In fünf Abtheilungen.

Enthaltend:

1. Abtheilung: Die Schule des Zimmermanns. Zwei Theile.
2. Abtheilung: **Die Schule des Maurers.**
3. Abtheilung: Die Schule des Steinmetzen.
4. Abtheilung: Die Brücken in Eisen.
5. Abtheilung: Hochbau-Konstruktionen in Eisen.

Mit zahlreichen in den Text gedruckten Abbildungen.

Leipzig und Berlin.

Verlag und Druck von Otto Spamer.

1881.

Die

Schule des Maurers.

Praktisches Hand- und Hülfsbuch

für

Architekten und Bauhandwerker, sowie für Bau- und Gewerbschulen.

Von

B. Harres,

weil. Großh. Hess. Baurath und Lehrer der Architektur an der ehem. höheren Gewerbschule in Darmstadt.

Neu herausgegeben von dessen Sohn

Architekt Eduard Harres.

Fünfte vermehrte und verbesserte Auflage, nebst einem Anhange über die „Feuerungsanlagen" für Fabrik- und Gewerbebetrieb.

Mit 391 Abbildungen, nach Zeichnungen der Verfasser in Holz geschnitten.

Leipzig und Berlin.

Verlag und Druck von Otto Spamer.

1881.

Vorwort zur dritten und vierten Auflage.

Im Vorwort zu der im Jahre 1856 erschienenen ersten Auflage der „Schule des Maurers“ ist offen bekannt worden, daß das auf den Umfang von fünfzehn Bogen beschränkte Werkchen nur aus Theilen bestehen könne, welche die wichtigeren Arbeiten des Maurers zum Gegenstande haben, und daß selbst diese Theile nicht so erschöpfend behandelt worden, als sie es ihrer Wichtigkeit nach verdienten.

Ist der Behandlung der zur Besprechung gekommenen Arbeiten im Allgemeinen bei Fachgenossen eine günstige Beurtheilung zutheil geworden, so wurde dagegen von vielen Seiten der Wunsch ausgesprochen: es möge bei einer sich als nothwendig ergebenden zweiten Auflage das in der ersten Fehlende nach Möglichkeit aufgenommen und insbesondere dem Abschnitte „Von den Feuerungsanlagen“ diejenige Ausdehnung gegeben werden, welche durchaus nothwendig sei, um den Maurer in den Stand zu setzen, auch bei größeren Feuerungsanlagen für den Fabrikbetrieb u. s. w. nach richtigen Prinzipien zu verfahren.

Um diesem von uns vollkommen getheilten Wunsche gerecht zu werden, blieb nach unserem Erachten kein anderer Ausweg als der, die „Schule des Maurers“ in zwei Theilen erscheinen zu lassen, von denen der erste Theil alle die in der ersten Auflage enthaltenen Arbeiten, der zweite Theil dagegen die Feuerungsanlagen zum Gegenstand haben solle.

Die Verlagshandlung, jederzeit bemüht, die „Schule der Baukunst“ rasch zu fördern, und kein Opfer scheuend, dieses Werk in möglichster Vollständigkeit erscheinen zu lassen, ist mit dankenswerther Bereitwilligkeit unserer Ansicht beigetreten. Da sich indeß die Bearbeitung und Herausgabe des zweiten Theils, „die Feuerungs-, Heizungs- und Ventilationsanlagen“ enthaltend, gegen unsern Wunsch verzögerte, so sahen wir uns veranlaßt, den letzten Abschnitt dieses Werkes, welcher die wichtigsten der dem Maurer gewöhnlich vorkommenden Feuerungsanlagen in Kürze behandelt, der vorliegenden dritten Auflage des ersten Theils der „Schule des Maurers“ wieder anzuschließen, können nunmehr aber das baldige Erscheinen eines

besonderen Bandes, in welchem die verschiedenen Heizungs- und Ventilations-Einrichtungen ausführlich behandelt werden, in sichere Aussicht stellen.

Der vorliegenden dritten Auflage des ersten Theils der „Schule des Maurers“ wurden in einzelnen Kapiteln Ergänzungen und ein neuer Abschnitt „Von den Cementarbeiten und steinernen Fußböden“ hinzugefügt.

Darmstadt, im August 1869.

Der Herausgeber der dritten Auflage
E. Harres.

Vorwort zur fünften Auflage.

In der vorliegenden fünften verbesserten und wesentlich vermehrten Auflage der „Schule des Maurers“ haben wir, um den langjährigen Wünschen unserer Leserwelt wenigstens einigermaßen Rechnung zu tragen, dem elften Abschnitte „Von den Feuerungsanlagen“ eine Reihe der wichtigsten solcher Anlagen für den Fabrik- und Gewerbebetrieb hinzugefügt. In Rücksicht auf den beschränkten Umfang des Werkchens sind wir in der Besprechung derselben mit möglichster Kürze zu Werke gegangen, und mußten uns darauf beschränken, nur einzelne Beispiele aus der großen Zahl praktisch bewährter Anlagen unseren Lesern vorzuführen. Haben wir dabei das Richtige getroffen, und findet das Buch den Beifall unserer Leser, so wird uns hoffentlich in späteren Auflagen Gelegenheit, weitere praktisch bewährte Beispiele den hier gegebenen hinzuzufügen und so das Gebotene nach Möglichkeit zu ergänzen.

Die Bereitwilligkeit der Verlagshandlung, unser Werkchen nach Kräften zu fördern, welche wir hiermit dankend anzuerkennen nicht umhin können, bürgt uns dafür, daß wir unser Wort zu gegebener Zeit auch einlösen können, und übergeben wir die neue Auflage hiermit dem Urtheil unserer Leser und Fachgenossen mit dem Ersuchen, uns gefällige Rathschläge und auch praktisch bewährte Beispiele mittheilen zu wollen, die wir in einer späteren Auflage gern berücksichtigen werden.

Darmstadt, im Juli 1880.

Der Herausgeber der fünften Auflage
Eduard Harres.

Inhalt.

Erster Abschnitt.

Von den Mauersteinen.

Die bei der Ausführung von Mauerwerk den Hauptbestandtheil bildenden Mauersteine sind entweder natürliche oder künstliche Steine.

Natürliche Steine werden alle die feste Rinde unseres Erdballes bildenden Steinmassen genannt, während künstliche Steine nur steinartige Körper sind, welche aus einer plastischen Thon- oder Lehmmasse oder auch Kalkmasse mit Sand- oder Bimssteinzusatz in Formen gebildet und an der Luft getrocknet oder nach dem Trocknen durch die Einwirkung des Feuers steinhart gebrannt werden.

A. Die natürlichen Steine

finden bei dem Maurer zur Ausführung der verschiedensten Mauerwerke, hauptsächlich als Bruchsteine ihre Anwendung. Da wir unter Bruchsteinen alle in unregelmäßiger Form und in nicht sehr großen Massen gebrochenen Steine verstehen, welche entweder in Hausteinbrüchen als Abfälle vorkommen, oder welche durch Sprengen von Felsmassen gewonnen werden, so geht daraus hervor, daß jede Steinart als Bruchstein vorkommen kann. Da der Maurer zur Bearbeitung der Bruchsteine nur den Mauerhammer anwendet, und da er, um den nicht genau, sondern nur auf die Herstellung eines guten Mauerverbandes bearbeiteten Steinen eine gleichmäßige Auflage zu verschaffen, und um die Zwischenräume auszufüllen, sich eines Bindematerials, des Mörtels, bedient, so kann er, ohne erhebliche Vermehrung der Kosten, Bruchsteine von den festesten und härtesten Felsarten vermauern, welche als Hausteine wegen der schwierigen Bearbeitung selten und nur bei Prachtbauwerken Anwendung finden.

Festigkeit der Steine. Bei den Bruchsteinen, welche als spröde Körper zu betrachten sind, deren Brechen kein merkliches Einbiegen vorhergeht, wird unter Festigkeit hauptsächlich derjenige Widerstand zu verstehen sein, den der Stein einer Kraft oder Last entgegensetzt, welche senkrecht gegen die unterstützte Lagerfläche wirkt. Dieser Widerstand der Steine gegen das Zerdrücken, welcher als deren rückwirkende Festigkeit bezeichnet wird, richtet sich nun nicht allein nach der Härte und dem festen Zusammenhange

der Massentheile, sondern auch nach dem Gefüge der Steine. So kann ein Stein von geringer Härte, aber regelmäßigem, ebenem Gefüge eine größere Last zu tragen im Stande sein (bevor er zerdrückt wird), als ein Stein von großer Härte, aber unregelmäßigem, muscheligem Gefüge. Wir werden deshalb bei der Beurtheilung über die Tragfähigkeit von Bausteinen unsere Aufmerksamkeit nicht weniger auf das Gefüge, als auf die Härte der Massentheile zu wenden haben.

Die Dauer der Steine. Widerstehen Steine längere Zeit den nachtheiligen Einwirkungen der wechselnden Nässe und Trockenheit, des Frostes und der Hitze, ohne an ihrer ursprünglichen Festigkeit zu verlieren, oder ihre Form zu verändern, so nennen wir sie dauerhaft. Wetterbeständig werden die Steine genannt, wenn sie sich, den Einflüssen der Witterung ausgesetzt, unverändert erhalten, und feuerbeständig, wenn sie durch die Einwirkung des Feuers nicht zerstört werden.

Die Verwitterung der Steine, worunter man die Zerstörung derselben durch die Witterung versteht, wird bewirkt: 1. durch die Luft, welche Feuchtigkeit zuleitet und Oxydation erzeugt; 2. durch Wasser, welches die löslichen Bestandtheile erweicht, oxydirt und ausseiht; 3. durch Frost, welcher bei der Eisbildung die Masse zersplittert oder zersprengt, und 4. durch Pflanzenwurzeln, Moose und Flechten, deren Theile in Ritzen und Spalten eindringen und Trennungen veranlassen, durch welche der Verwitterung immer mehr Vorschub geleistet wird. Die mechanischen Trennungen oder chemischen Auflösungen bei dem Verwittern der Steine beschränken sich entweder mehr auf die Oberfläche der Steine, so daß sie nur die Färbung verändern, oder sie dringen in das Innere ein und verändern Farbe, Gefüge, Härte und Form der Steine. Das Verhalten der Steine aus älteren Brüchen giebt sich an den Wetterseiten davon ausgeführter Mauerwerke zu erkennen. Bei Steinen aus neu eröffneten Brüchen wird man zur Prüfung ihrer Wetterbeständigkeit am sichersten verfahren, wenn man sie der Winterprobe unterwirft, das heißt, wenn man die Steine während wenigstens eines Winters der Einwirkung der Witterung aussetzt. Man kann im Allgemeinen annehmen, daß Steine, welche entweder Säuren nicht widerstehen, oder welche viel Wasser einsaugen und dasselbe hartnäckig zurückhalten, nicht wetterbeständig sind. Durch Feuer wird bei manchen Steinen eine Erhärtung, ein Verglasen oder Verschlacken bewirkt, so daß sie an Festigkeit gewinnen; bei anderen Steinen wird, wie bei den Kalksteinen, der feste Zusammenhang zerstört und der Stein in eine lockere, unzusammenhängende Masse umgewandelt. Da nun Steine in hohem Grade wetterbeständig und dabei gar nicht feuerbeständig sein können, so wird bei jedem Mauerwerke die Auswahl der zu verwendenden Steine sich danach zu richten haben, welchen auf die Dauer der Steine nachtheilig einwirkenden Einflüssen dieselben ausgesetzt werden.

Gebirgsalter. Man unterscheidet die Gebirgssteine, ohne Rücksicht auf deren sonstige Beschaffenheit, nach dem Alter und zwar:

1. Urgebirge, die Unterlage aller später entstandenen Gebirgsarten, worin keine Spur von Thier- und Pflanzenresten sowie von Bruchstücken oder Geschieben anderer Gesteine anzutreffen ist.

Die Hauptbestandtheile der Urgebirgsarten sind in erster Linie Kiesel und Thonerde, das Gefüge derselben ist krystallinisch, mit seltenen Uebergängen ins Dichte. Sie erscheinen auf den höchsten Punkten der Erde und sind wol auch die Hauptunterstützung der übrigen Felsarten in den größten Tiefen der Erde. Die ungleichartigen Bestandtheile sind fest mit einander verbunden und von hoher Reinheit

2. Uebergangsgebirge. Zerstörung der ältesten Gesteine mit den ersten Spuren einer Thier- und Pflanzenwelt auf niedriger Stufe.

3. Flötzgebirge, auf Ur- und Uebergangsgebirge lagernd, deren Vertiefungen ausfüllend, aber nicht bis zu den höchsten Stellen hinaufreichend. Daß sie Trümmer älterer Gebirge und viele Ueberreste einer untergegangenen Thier- und Pflanzenwelt enthalten, weist auf das Entstandensein nach gewaltigen Erschütterungen hin. Das Gefüge ist weniger krystallinisch, mehr dicht und erdig.

4 Aufgeschwemmtes Gebirge. Die kleineren Thäler der Flötzgebirge ausfüllend, besteht das aufgeschwemmte Gebirge aus Trümmern älterer Gebirgsmassen, Gerölle, Kies, Sand und Erde.

Felsarten. Die Felsarten oder Gebirgsgesteine erscheinen in Bezug auf die Beschaffenheit der Masse: als einfache Gesteine von durchaus gleichartiger Masse, oder als gemengte Gesteine, welche aus ungleichartigen Theilen zusammengesetzt sind. Ist das Ungleichartige mit bloßem Auge nicht erkennbar, dann ist das Gleichartige nur scheinbar. Einfache oder gleichartige Steine sind: Quarz, Kalkstein, Gipsstein, Marmor ꝛc.; gemengte oder ungleichartige Steine: Granit, Sienit, Gneis ꝛc.; scheinbar gleichartige: Basalt, Thonschiefer, Feldspath, Wacke ꝛc. In allen Steinen können zufällige Gemengtheile vorkommen.

Von den ungleichartigen oder gemengten Steinen sind die Konglomerate oder Trümmergesteine zu unterscheiden, aus Trümmern älterer Felsmassen bestehend, welche durch einen in die Zwischenräume gedrungenen, die Trümmer umhüllenden Kitt verbunden sind. Der Kitt ist von der Art der Trümmer meist verschieden und entweder einfach oder selbst wieder zusammengesetzt gemengt. Man unterscheidet diese Konglomerate wieder als: Breccien mit eckigen Bruchstücken, Puddingsteine mit Rollstücken von einiger Größe, Sandsteine mit Körnern höchstens von der Größe einer Haselnuß. Die Steintrümmeroberflächen sind meist scharf begrenzt und selten mit dem Kitte zerflossen. Das Gefüge der Felsarten ist:

1. krystallinisch-körnig, aus scharfkantigen, vieleckigen Körpern ohne Bindemittel, blos durch Berührung der Körnerflächen zusammengewachsen. Zeigt die Bruchfläche eine Menge verschieden gerichteter Krystallflächen, so nennt man das Gefüge auch körnig-blätterig;

2. schieferig, aus mehr oder weniger zusammenhängenden, dünnen Lagen bestehend. Diese Lagen (Schiefer)* sind gleichartig oder ungleichartig;

3. dicht, wenn den einzelnen Theilen keine besondere Gestalt zukommt, sondern wenn sie zu einem gleichartigen Ganzen verschmolzen erscheinen. Den ungemengten, einfachen Steinen ist dieses Gefüge besonders eigen. Die scheinbar gleichartigen Steine verlaufen sich ins Dichte oder ins Körnige. Man nennt diese Gefüge:

a. porphyrartig, wenn in einer Grundmasse zerstreut Krystalle oder krystallinische Körper eingewachsen vorkommen;

b. mandelsteinartig, wenn in der Hauptmasse runde oder plattgedrückte Höhlungen vorkommen, welche entweder leer, oder an den Wänden mit Drusen überkleidet, oder mit einem Kerne — der Mandel — ausgefüllt sind. Die Ausfüllungen sind stets verschieden von der Hauptmasse.

Lagerungsverhältnisse der Gebirge. Die Lagerungsverhältnisse beziehen sich auf den innern Bau oder auch auf das Alter der Gebirge. Die Gebirge sind entweder ungetheilt, massig, oder durch Klüfte und Spalten zertrennt.

Die einfachste Trennung ist die Schichtung durch fast gleichlaufende Schichtungsklüfte in einzelne Schichten. Die Schicht liegt mit ihrer Sohle auf einer untern Schicht — auf dem Liegenden — und ist oben von einer andern Schicht — vom Hangenden — bedeckt. Die Dicke zwischen ihrem Liegenden und Hangenden ist die Mächtigkeit der Schicht. Mächtige Schichten dichter Gesteine werden Bänke genannt. Die Schichten sind: gerade oder gebogen — wellig — selten wagerecht; meist geneigt; sehr selten lothrecht. Nur die Schichtung des ältesten Granits, der neueren Flötz- und der aufgeschwemmten Gebirge nähert sich dem Wagerechten. Beim schieferigen Gefüge ist die Schichtung der Schieferlage gleichlaufend; auch läuft sie meist der Auflagerungsfläche parallel.

Lager sind einzelne plattenförmige Schichten in einem Gebirge, welche von den übrigen, worin sie liegen, verschiedenartig sind. Ein solches Lager wird im Flötzgebirge Flötz, im aufgeschwemmten Gebirge Bank genannt. Oft wird unter Schicht, Bank, Flötz, Lager ein und dasselbe verstanden. Lager und Schichten können sich durch Verjüngung verlieren (auskeilen), ausspitzen; oder sie können ein Ausgehendes haben, an der Gebirgsfläche zu Tage ausgehen. Lager zwischen gleichartigem Hangenden und Liegenden werden Zwischenlager, zwischen ungleichartigem Hangenden und Liegenden Binnenlager genannt. Lager von großer Mächtigkeit und kurzer Erstreckung heißen liegende Stöcke. Die stehenden Stöcke sind oft im Innern nicht geschichteter Gebirgsmassen eingeschlossen. Sehr kleine Stöcke nennt man Nester, Nieren und Mandeln. Die Nester bestehen aus zerreiblicher Masse; die Nieren sind fest, rundlich und hier und da eckig; die Mandeln sind nie eckig, sondern mandelförmig abgerundet.

In der nachfolgenden Beschreibung derjenigen Steinarten, welche als Bruchsteine allgemeine Anwendung finden, werden wir die natürliche Eintheilung nach der Beschaffenheit der Masse: als a. gleichartige Steine; b. scheinbar gleichartige Steine und c. ungleichartige Steine zu Grunde legen und bei jeder Steinart die Behandlung und geeignete Anwendung beim Mauerwerke anführen.

a. Gleichartige Steine.

1. **Quarz.** Der gemeine Quarz, von weißer, zuweilen auch röthlichbrauner, gelber und grauer Farbe, ist sehr hart, so daß er mit Stahl Feuer schlägt und Glas ritzt, und hat einen eckigen, scharfkantigen Bruch. Sein Hauptbestandtheil ist Kiesel, weshalb er auch Kieselstein genannt wird. Er kommt in Ur= und Uebergangsgebirgen vor, meist in Bänken, oder die Trennungsklüfte der Gebirgsmassen ausfüllend, wo er zuweilen ganze Bergrücken bildet. Am häufigsten wird er als Feld= oder Lesestein in abgerundeten Stücken und als Geschiebe in Flüssen gefunden.

Von dem körnigen Quarzgestein, dessen Hauptmasse aus Quarz besteht, dabei aber im Großen öfter durch Glimmerlagen unvollkommen schieferig ist, oft Feldspath, Eisenkies 2c. enthält, mit kieseliger und thoniger Masse gebunden, dem Sandsteinartigen sich nähert, kommen mächtige Blöcke vor.

Das poröse Quarzgestein ist ein höchst feinkörniger Quarz voller Höhlungen, mit fadenartigen, ebenfalls quarzigen Gebilden durchwebt. Er kommt in mächtigen Lagern ohne Schichtung und bisweilen lothrecht zerklüftet vor.

Als Mauerstein ist der Quarz in der Nässe wie im Trocknen gleich unzerstörbar. Der thonige, körnige Quarzstein, wie auch der poröse Quarzstein, ist unwandelbar im Feuer und springt, bei Feuermauern verwendet, nur dann, wenn er, stark erhitzt, sehr schnell und stark abgekühlt wird. Der poröse Quarz bindet vermöge seiner Höhlungen und der Rauheit und Schärfe der Bruchflächen vorzüglich gut mit Mörtel, wogegen die glatte Oberfläche des gemeinen und körnigen Quarzes sehr geringe Anziehung zum Mörtel hat. Die unregelmäßigen Bruchstücke des aus dem Felsen gesprengten Quarzes sind mit dem Hammer sehr schwer zu bearbeiten, und schon aus diesem Grunde wird er seltener als Mauerstein benutzt, als er es beim Wasserbau und zu Grundmauern, wo es auf vorzügliche Dauer ankommt, verdiente. Der Quarz saugt weder Wasser ein, noch wird er von Säuren angegriffen, so daß er von allen Steinarten der wetterbeständigste und nie dem Mauerfraße unterworfen ist.

2. **Kalkstein.** Alle Steinarten, welche durchs Brennen in lebendigen Kalk — Aetzkalk — verwandelt werden können, werden Kalksteine genannt. Keine Steinart ist so ausgebreitet und in so verschiedener Beschaffenheit im Mineralreiche anzutreffen, als die Kalksteingattung. Der Kalk kommt in

Ur-, Uebergangs- und Flötzgebirgen vor, hat sonach in Härte, Bruch und Mischung eine große Verschiedenheit. Der Hauptbestandtheil aller Kalksteine ist Kalkerde, durch Kohlensäure gebunden; sie lösen sich in Säuren auf und werden bei hinlänglicher Hitze in Aetzkalk umgewandelt. Die Beimengungen von Glimmer, Serpentin rc. im Urgebirgs- und älteren Uebergangskalk machen das Gefüge schieferig und veranlassen das Verwittern der sonst sehr festen Steine. Thonhaltiger Kalkstein, welcher wassersaugend und an seinem matten Bruche zu erkennen ist, unterliegt der Verwitterung ebenfalls, wogegen er dem Feuer länger als der thonfreie Kalkstein widersteht. Die kieselhaltigen, nicht von Eisenoxyd gelb, braun oder roth gefärbten Kalksteine von krystallig feinkörnigem Bruche sind die vorzüglichsten. Das gleichförmige Gefüge ohne Zerklüftung der Steinmasse läßt sich an dem hellen, harten Klange unter dem Mauerhammer erkennen. Bei reiner Masse des Steins verdient der löcherige — poröse — Kalkstein den Vorzug als Mauerstein vor dem dichten, weil an ersterem der Mörtel fester haftet und eine innigere Verbindung der Steine unter einander bewirkt. Kalksteine von feinkörnig blätterigem Bruche und solcher Härte, daß sie Politur annehmen, werden Marmor genannt Die meisten Marmorsteine, besonders die ungefärbten, ja selbst viele der gemeinen Kalksteine, haben eine große Dauer im Wasser und Froste; dagegen sind beinahe alle Kalksteine dem Mauerfraße unterworfen. Wird nämlich durch Verwesung Salpetersäure erzeugt, so verbindet sich dieselbe mit Kalk zu salpetersaurem Kalke. Dieser schießt an der Steinoberfläche in Krystallen an, zerfließt in feuchter Luft und bildet einen schmuzigweißen, schmierigen Ueberzug, der immer weiter um sich greift und nach und nach die mit dem Steine in Berührung kommenden Gegenstände, namentlich den Mörtel, sowie den Stein selbst zerstört. Kommt Kochsalz mit dem Kalkstein in Berührung, so bildet sich durch die Salzsäure salzsaurer Kalk, welcher, ähnlich wie Kalksalpeter, leicht zerfließlich und dem Kalksteine ebenso schädlich ist. Zu Mauerwerk von Kloaken, Abtritten, Dunggruben, Brunnen, und selbst zu Fundamenten in fettem, humusreichem Boden sind deshalb Kalksteine nicht geeignet. Dichte und ebenso thonhaltige Kalksteine veranlassen, als gute Wärmeleiter, das Niederschlagen der Dünste in Tropfen — das Schwitzen — und dies um so mehr, je glatter der Stein ist. Derartige Steine müssen bei der Aufführung von Mauern bewohnter Räume sorgfältig vermieden werden.

3. **Körniger Kalk.** Zu dem körnigen Kalke — oder Urkalkstein — gehören die Marmorarten. Die Grundmasse ist körniger Kalk, mit krystallinischem, körnig-blätterigem Gefüge, durchscheinend an den Kanten.

Die körnig abgesonderten Massentheile berühren sich gegenseitig überall genau ohne Zwischenräume. Das Gefüge geht vom Grobkörnigen durchs höchst Feinkörnige bis zum Dichten des Uebergangskalkes, oft durch beigemengte Glimmer- und Talkblättchen gerad-, zuweilen bogenschieferig. Im älteren, mehr weißen und krystallinischen Urkalksteine finden sich keine Reste

einer frühern Pflanzen- oder Thierwelt. Nur in der Nähe des jüngern, mehr grauen und dichten (des Uebergangskalkes) finden sich Schalthiere und Korallen vor. Die Bänke sind nicht durchgreifend, mehr Stöcke, ohne Regel, sehr abweichend in Dicke, Farbe und Fall, oft zerklüftet und meist eingelagert, besonders in Gneis und Glimmerschiefer. Als Mauerstein ist er der Verwitterung mehr oder weniger unterworfen. Er liefert einen reinen, fetten Kalk.

4. **Uebergangskalk.** Der auch als Hochgebirgs- oder Bergkalkstein bezeichnete Uebergangskalkstein hat ein Gefüge, welches zwischen Körnigem, mehr Schuppigem, und dem Dichten steht. Die Grundfarbe ist Grau, bis zu Schwarz übergehend, mit Kalkspathadern durchzogen, auch bunt gefleckt, geadert und gestreift. Der Uebergangskalkstein ist der Verwitterung sehr unterworfen, und das um so mehr, je thonhaltiger er ist. Er kann als Mauerstein nur im Innern oder unter der Erde angewendet werden. Im Freien giebt sich die Verwitterung alsbald an dem Verbleichen der Farbe der Steine zu erkennen.

5. **Alpenkalk.** Der auch unter dem Namen Zechstein bekannte Alpenkalk ist der Hauptmasse nach gemeiner, dichter Kalkstein. Der Bruch ist splitterig, ins Flachmuschelige und Ebene gehend. Er hat das milde Ansehen eines reinen Niederschlages, ist von beigemischten Kalkspaththeilen etwas schimmernd, gewöhnlich einfarbig, besonders in der Tiefe der Thäler bräunlich oder fleischroth, höher an den Abhängen unrein grau, selten ins Schwärzliche gehend, auf den Berggipfeln aber gelblich- oder graulichweiß. In der Annäherung zum Uebergangskalk ist er unvollkommen körnig; in bedeutenden Höhen auch höchst feinkörnig mit Kalkspathadern; im Uebergange zu dem darauf liegenden Jurakalke aber matt, flachmuschelig, erdig, leicht und weiß. Gewöhnlich ist er rein und alsdann nie schieferig und ziemlich dauerhaft; gemengt enthält er zuweilen Versteinerungen, ist manchmal geschichtet, im Großen zuweilen seltsam gekrümmt. Enthält er Thon, so ist er schieferig, spaltbar und verwitternd.

6. **Jurakalk.** Dieser, auch Höhlenkalkstein benannte Kalk ist dicht, nur bisweilen ins Körnige übergehend, bricht muschelig, ins Ebene verlaufend, und hat eine graulich-, gelblich-, zuweilen röthlichweiße Farbe. Rein ist er ziemlich dauerhaft; enthält er Thon, so ist er im Bruche trüb und erdig und der Verwitterung sehr unterworfen. Der Jurakalkstein ist reich an Versteinerungen und meist sehr dünn, dabei aber regelmäßig geschichtet. Sind die Bänke mächtig, so liefert er feste, schwer zu bearbeitende Steine, welche selbst beim Wasserbau verwendet werden können.

7. **Grobkalk.** Dieser jüngste Flötzkalk ist derjenige Kalkstein, welcher als Mauerstein die ausgedehnteste Anwendung findet. Mit splitterigem, ins Unebene verlaufendem Bruche hat er ein sehr verschiedenes, gröberes oder feineres Korn und in der Regel eine gelbliche, aschgraue, bläulichgraue, zuweilen auch dunkelgraue Farbe. Er ist durchaus von Sand durchdrungen, oft mehr sandig als kalkig und dann weniger muschelig. Zuweilen ist er

thonig, mit Anlage zum Schieferigen. Kalzinirte Muscheln kommen darin häufig vor, zuweilen in so großer Menge, daß der sie umschließende Kalksinter mit den Muscheln in eine Masse zerflossen erscheint; seltener sind Fisch- und Blätterabdrücke. Er kommt gleichlaufend, meist wagerecht und gerade geschichtet, Hügel deckend oder Becken ausfüllend, auch zerklüftet in großartigen Massen vor, wobei die Schichtflächen oder Klüfte mit Sand, Mergel oder Thon überzogen sind. Frisch aus dem Bruche ist er mild und leicht zu verarbeiten, nach dem Austrocknen wird er fester und ist sehr dauerhaft. Die fein- und gleichkörnigen Steine sind die dauerhaftesten. Es giebt Grobkalksteine von sehr fester, dichter Kalkmasse, welche Muscheln enthalten, sehr löcherig und durchhöhlt sind und, auf die hohe Kante gestellt, gleichen Widerstand leisten, wie auf das natürliche Lager versetzte Steine von gleicher Festigkeit und Härte.

8. **Kalktuff.** Dieser, auch Duckstein genannte Kalksinter bildet eine blasige, schwammige und unregelmäßig durchlöcherte Kalkmasse, welche häufig Pflanzenreste enthält und eine weiße, grauweiße, zuweilen braune Farbe hat. Im Bruche weich, erlangt er an der Luft die Härte des Flötzkalkes. Zuweilen sind Tufflager auf anderen Steinen durch Kalkniederschläge erzeugt, so daß er als ein Konglomerat erscheint. Der poröse Kalktuff, welcher nur aus Kalksinter besteht, ist ein überaus leichter und dabei doch fester Baustein, weil die Zellenwände dicht wie Marmor und fest wie Flötzkalk sind. Der Kalktuff ist besonders zum innern Ausbau geeignet, wo er, zu flachen Gewölben, zum Ausmauern von Sprengwänden 2c. verwendet, wenig belastet, und bei genügender Festigkeit eine so innige Verbindung mit dem Mörtel eingeht, daß das Mauerwerk als eine zusammenhängende Steinmasse betrachtet werden kann. Im Freien ist er wenig anwendbar, da er dem Froste nicht widersteht. Kalktufflager auf Nagelfluhe, oft dem festen Travertin — festem, löcherigem Kalkstein bei Rom — ähnlich, liefern sehr feste Bausteine.

b. Scheinbar gleichartige (gemengte) Steine.

1. **Basalt.** Dieses vulkanische Gestein von blaulich- oder graulich-schwarzer, selten ins Grünliche oder Röthliche übergehender Farbe ist ein scheinbar gleichartiges Gemenge aus Augit, Feldspath und Magneteisenstein, sehr dicht und hart, im Bruche unvollkommen muschelig, ins Feinsplitterige, Unebene bis Erdige übergehend. Der Basalt erscheint in den verschiedenen Zuständen der Verschlackung. Der unterste Basalt ist am wenigsten verschlackt. In der Mitte kommt der halbschlackige, sehr feste Basalt mit kleinen Poren vor, welcher zu Mühlsteinen verarbeitet wird. Oben wird der Basalt ganz der schlackigen Lava gleich. Zeigen sich die verschiedenen Grade der Verschlackung an den in mächtigen Schichten vorkommenden Basalten, so ist dies weniger der Fall bei den säulenförmig, plattenförmig oder kugelig zerklüfteten Basalten, welche eine gleichmäßige Verschlackung zeigen. Die nicht vollkommen verschlackten Basalte sind der Verwitterung unterworfen

und zerfallen in Basaltthon, wogegen die vollständig verschlackten, insbesondere die porösen Basalte, vollkommen der Witterung widerstehen. Der dichte Basalt zieht Dünste an sich und verdichtet diese zu Tropfen, so daß er selten trocken erscheint. Er ist schon aus diesem Grunde als Mauerstein nur zu Fundament- und Futtermauern verwendbar, dabei schwer zu verarbeiten und mit Mörtel beinahe gar nicht zu verbinden. Den größten Werth hat der Basalt als Pflasterstein, namentlich der Säulenbasalt, welcher sich mit dem flachen Hammer in regelmäßige Formen sprengen läßt und zugleich die größte Dauer von allen natürlichen Steinen hat.

2. **Verschlackter Basalt.** Dieses, auch Erdschlacke oder Lungenstein genannte, rauhe, blasige vulkanische Gestein kommt verschieden glasig, bald in der äußern Form den Eisenschlacken ähnlich, bald in dichten Basalt übergehend, oft sehr fest und dann wieder locker und erdig vor. In manchen Gegenden findet sich der verschlackte Basalt in bedeutender Tiefe so mächtig gelagert und dabei in mächtigen Massen zerklüftet, daß er zu Mühlsteinen auf bergmännische Weise gebrochen wird. Die Steine sind so fest, daß sie dem löcherigen Quarze nahegestellt werden. Als Baustein ist dieser verschlackte Basalt unvergänglich im Wetter, dabei im höchsten Grade fest, und geht mit dem Mörtel, welcher in die Höhlungen dringt und an den kieselerdigen, rauhen Wandungen fest anhaftet, die innigste Verbindung ein. Die Vorzüglichkeit dieses Bausteins giebt sich an den noch heute wohlerhaltenen Bauwerken der Römer zu erkennen, welche ihn am Rhein und an der Mosel zu Brücken und Festungsbauwerken aus den Brüchen bei Andernach — Niedermendig — verwendet haben. Bei dem Ausbau des Kölner Domes wurden die wichtigsten Pfeiler auf Fundamenten von Werkstücken des verschlackten Basaltes aus dem Mühlsteinbruche bei Niedermendig ausgeführt.

3. **Trachit.** Der Trachit, auch Domit oder Trapporphyr genannt, ist ein vulkanisches Gestein, welches in der Hauptmasse aus Feldstein besteht und schichtenweise, gleichlaufend neben einander glasige, oft angeschmolzene Feldspathkrystalle, zuweilen auch Glimmerhornblende ꝛc. enthält. Er geht in Basalt oder schlackige Steine über. Von graulichweißer, ins Graue, Gelbliche, Röthliche, Braune, ja selbst ins Schwarze spielender Farbe, hat er einen splitterigen, unebenen bis erdigen Bruch. Der feste Trachit ist ein sehr trockener, mörtelbindender und dauerhafter Mauerstein, von welchem der porösere wegen seiner Leichtigkeit und innigen Bindung mit Mörtel besonders zu inneren Gewölben geeignet ist.

4. **Wacke.** Die Wacke, auch mandelsteinartiger Trapp genannt, ist ein basaltähnliches Gestein, meist zellig-schwammig mit flachmuscheligem, kleinkörnig erdigem Bruch. Bezeichnend ist das Mandelsteingefüge. Von den eingeschlossenen Gesteinen, als: Feldspath, Glimmer, Hornblende, Grünerde ꝛc., hängt die Färbung des Steines ab, welche grau, ins Oliven- und Berggrüne, Braune, Schwärzliche verläuft. Er ist in der Regel weder deutlich noch regelmäßig geschichtet, mehr gehäuft, bisweilen nur in 0,5

bis 1 m dicken Bänken. Bei großem Thongehalte, welcher sich an dem feuchten Steine durch Thongeruch zu erkennen giebt, ist er dem Verwittern sehr unterworfen und zerfällt bei starker Verwitterung in Thonerde. Im Trockenen kann die Wacke als Mauerstein benutzt werden, und die blasige, wie der Trachit, zu Gewölben. Im Aeußeren findet dieser Stein nur bei dem Mangel anderer besserer Bausteine Anwendung und muß dann vor dem Eindringen der Nässe geschützt werden.

5. **Thonschiefer.** Der Thonschiefer besteht aus einem feinen, gleichartigen und innigen Gemenge von Feldspath, Quarz, Glimmer und Hornblende und ist zufällig noch von Eisen- und Schwefelkies, Talk und Glimmer durchzogen und von Oxyden gefärbt. Der Bruch ist splitterig bis eben und zeigt einen matten Glanz. Die Farbe des Thonschiefers ist sehr verschieden: lichtgrau, gelblich, grünlich der ältere, braunroth-, rauch- oder blaulichgrau der jüngere. Die Schichtung ist ausgezeichnet deutlich, meist mächtig, den Blättern gleichlaufend und senkrecht geklüftet. Der beste, sehr quarzhaltige Schiefer von blaugrauer Farbe widersteht der Witterung sehr lange und kann, wenn er in starken Platten bricht, als Mauerstein verwendet werden. Der thonhaltige und deshalb leicht zu bearbeitende Thonschiefer — der Wetzschiefer — ist zu Feuermauern sehr geeignet.

c. Ungleichartige Steine.

1. **Granit.** Dieses Urgestein besteht in der Hauptmasse aus Quarzkörnern, Feldspath und Glimmerblättchen. Die Gemengtheile liegen ohne bestimmte Ordnung, an Größe und in dem Mischungsverhältnisse sehr verschieden, in krystallig körnigem Gefüge so neben einander, daß sie durch unmittelbare Berührung aufs Innigste verbunden zusammenhängen. Der Quarz erscheint im Gemenge verschieden gefärbt, meist rauchgrau, seltener weiß, blau oder grün, in Körnern von sehr verschiedener Größe, zuweilen mehrere Zoll groß und selten krystallisirt. Der Feldspath erscheint meist in krystallinischen Massen von sehr abwechselnder Größe und in sehr verschiedener Färbung, vom Weiß ins Graue, Gelbe, Grüne, Rothe sich ziehend, zuweilen olivengrün und graublau. Der Glimmer erscheint in schimmernden Blättchen von verschiedener Größe und ebenso verschieden gefärbt, silberweiß, goldgelb, tombackbraun, violett, zuweilen purpurroth, olivengrün.

Der Granit kommt in mächtigen Massen ohne deutliche Lagerung vor und ist häufig senkrecht oder in anderen Richtungen zerklüftet; selten tritt er säulenförmig auf und dann nie regelmäßig.

Von den Gemengtheilen des Granits ist der Feldspath am meisten der Verwitterung unterworfen, welcher erst in eine speckfsteinartige Masse und sodann in Thon übergeht. Auch der Glimmer verwittert und verliert Glanz und Farbe. Der Quarz verwittert beinahe gar nicht. Die Verwitterung des Granits hängt demnach von dem Mischungsverhältnisse der Gemengtheile hauptsächlich ab, und er widersteht der Verwitterung um so mehr,

als darin der Quarz vorherrscht. Außerdem tragen zufällige Beimengungen, welche in Eisenkies, Zinnerz, Turmalin rc. bestehen, zur Verwitterung bei.

Bei großer Festigkeit zeichnet sich der Granit als Baustein durch Wetter- und Feuerbeständigkeit aus. Der feinkörnige und quarzreiche, dabei glimmer- und feldspatharme Granit ist unverwüstlich, wenn er keine Sprünge hat, und seine Festigkeit wird nur von der des dichten Basaltes übertroffen. Zu Wasserbauwerken, Fundament- und Futtermauern ist er ein vorzüglicher Stein, welcher mit dem Mörtel eine zwar langsame, aber sehr innige Bindung eingeht. Zu Pflasterungen ist er besonders geeignet und selbst dem Basalt vorzuziehen, weil er an der Oberfläche nicht so glatt wird.

2. **Sienit.** Die Hauptmasse besteht aus Feldspath und Hornblende, wozu sich Quarzkörner und Glimmer gesellen. Das Gefüge ist körnig-krystallinisch. Der Feldspath ist vorherrschend, und durch die Hornblende unterscheidet sich der Sienit hauptsächlich vom Granit, welcher keine Hornblende, sondern Glimmer enthält. Er geht in Granit über und ist häufig mit demselben verwachsen. Der Feldspath zeigt sich grünlichweiß, graulich, roth, zuweilen schön blau gefärbt und in grobem oder feinem krystalligen Korn. Die Hornblende erscheint dunkellauchgrün, schwärzlichgrün und graulichschwarz in sternartigen und büschelweisen Häufungen. Der Sienit ist unregelmäßig gelagert, bricht aber in regelmäßigeren Trümmern beim Zersprengen als der Granit, und ist deshalb als Mauerstein dem Granit vorzuziehen. Der feinkörnige und quarzreiche Sienit steht dem besten Granit an Wetterbeständigkeit nicht nach und ist ebenso zu Feuermauerungen geeignet.

3. **Gneis.** Dieser Stein hat gleiche Massenmengtheile wie der Granit, nämlich Feldspath, Quarz und Glimmer, nur ist der Glimmer häufiger. Was ihn vom Granit hauptsächlich unterscheidet, ist sein körnig schieferiges Gefüge, welches, meist in gleichlaufenden Lagern, um so dünnschieferiger wird, je mehr Glimmer in der Masse vorkommt. Er geht über in Granit und in Sienit, sogar in Thonschiefer. Weniger fest als Granit und Sienit und nur als Findling von Dauer, eignet sich doch der Gneis, wegen seines schieferigen Gefüges und des leichtern Bearbeitens, sehr gut als Mauerstein in der Erde und im Trockenen, besonders bei Feuerungen.

4. **Feldsteinporphyr.** Die Hauptmasse dieses Gesteins ist Feldsteinmasse mit Quarzkrystallen und Quarzkörnern, krystallinischen Theilen und Krystallen von Feldspath. Zufällige Beimengungen sind Hornblende und Glimmer. Die Hauptmasse, welche die eingemengten Körner und Krystalle teigartig umschließt, ist vorzugsweise roth gefärbt, geht aber ins Gelbe, Braune bis zum Schwarzen über und ist zuweilen gefleckt oder gestreift. Die Quarzkrystalle sind für diese Steinart bezeichnend, im Allgemeinen aber darin weniger vorhanden, als Feldspathkrystalle, und graulichweiß, perl- und aschgrau, auch braun gefärbt. Diese Feldspathkrystalle sind in großer Zahl und oft von bedeutender Größe eingesprengt, und graulichweiß, gelblich, ins Grüne fallend und verschieden roth gefärbt.

Der Porphyr ist nicht oder nur undeutlich, oft beinahe senkrecht geschichtet, mehr platten- oder säulenartig zerklüftet. Er kommt zuweilen durchlöchert vor und ist dann selbst zu Mühlsteinen geeignet. Die festen Porphyre, welche zuweilen in großer Mächtigkeit vorkommen, sind schwerer sprengbar als Granit und liefern einen vorzüglichen Baustein, welcher aus der Luft weniger Feuchtigkeit anzieht als die meisten festen Steine, demnach viel trockener bleibt und der Verwitterung in so hohem Grade widersteht, daß er als unverwitterbar betrachtet werden kann.

5. **Grauwacke.** Die Grauwacke oder der Grauwackensandstein besteht aus ungleich großen Stücken und Körnern von Quarz, Thon- oder Kieselschiefer, Feldsteinporphyr, Kalk, Granit 2c.; fest verkittet durch einen quarzigen Thonschieferteig. Der Quarz ist meist abgerundet, gewöhnlich der häufigste, lichteste, Thonschiefer aber der dunkelste Gemengtheil. Zuweilen kommt die Grauwacke höchst feinkörnig, mit splitterigem, flachmuscheligem Bruche, dem Quarze ähnlich, vor. Die Farbe ist entweder grau oder rothbraun.

Das Gestein ist sehr fest und schwer sprengbar und eignet sich wegen seiner Dauer im Freien und im Feuer zum Bausteine, ganz besonders auch wegen seiner innigen Verbindung mit dem Mörtel.

6. **Sandstein.** Die Sandsteine bestehen aus Trümmern anderer, vorzüglich kieselartiger Gebirgsmassen, welche durch ein Bindemittel zu einer Steinmasse zusammengekittet sind. Die Körner der Steinmasse sind sehr verschieden an Größe und Form. Die Masse des Bindungsmittels — Kittes — macht nie den vorwaltenden Gemengtheil aus. Nach der Beschaffenheit des Bindemittels unterscheidet man die Sandsteine, als: Kiesel-, Thon-, Kalk-, Mergel- und Eisensandsteine.

a. Kieselsandstein. Der Kieselsandstein, welcher gewöhnlich weiß oder gelblichgrau von Farbe ist und einen scharfkantigen Bruch hat, besteht aus Quarzkörnern, welche mit einem kieselartigen Cemente zusammengekittet sind. Ist er frei von zuweilen eingesprengten Adern von Schwefelkies, rothem Eisenstein und Kalkspath, so ist er in Bezug auf Dauer der vorzüglichste Baustein. Bei dem rothen Kieselsandsteine ist das Bindemittel der Kieselgemengtheile eisenschüssiger Thon. Die Farbe dieses Sandsteins ist pfirsichroth bis zu rothbraun. Der Bruch ist erdig und weniger scharf als bei den farblosen Kieselsandsteinen. Einige Gattungen, welche sich durch feines Korn und regelmäßige Lagerung auszeichnen, haben eine beträchtliche Härte und zugleich eine vorzügliche Dauer, wenn keine fremden Gemengtheile, als: Glimmer, Thoneisenstein, Mergelschiefer 2c., darin enthalten sind.

b. Thonsandstein. Dieser Sandstein, bei welchem die Quarz- und anderen Körner mit einem Thonkitte verbunden sind, ist an dem erdigen, magern Bruche und daran zu erkennen, daß er, mit Wasser angefeuchtet, einen starken Thongeruch verbreitet. Die Farbe ist grauweiß, ins Gelbe, Bräunliche und Grünliche übergehend, doch gehören dazu auch rothe thonhaltige Sandsteine. Frisch aus dem Bruche ist der Stein weich und leicht

zu bearbeiten; an der Luft wird er härter und lichter. Enthält er Glimmer, was bei den dünngelagerten Arten meist der Fall ist, so ist er dem Verwittern sehr unterworfen, sowie er denn überhaupt wegen seiner Eigenschaft, das Wasser begierig aufzunehmen und hartnäckig zurückzuhalten, nur mit Vorsicht im Freien angewendet werden darf und jedenfalls durch die Winterprobe seine Dauer bewährt haben muß. Zu Feuerungsanlagen ist der Thonsandstein einer der schätzbarsten Bausteine, zumal er sich leicht bearbeiten läßt.

c. Kalksandstein. Das Bindemittel dieser Sandsteinart ist thonhaltige Kalkerde, er enthält außer Quarz Feldspath- und Thonschieferkörner nebst Glimmerschuppen. Der Stein ist oft weich und mürbe, an der Luft erhärtend und hat eine, von Weiß in Gelb, Braun, Grün übergehende Farbe. Das kalkige Bindemittel braust in Säuren auf und macht ihn unbrauchbar im Feuer. Im Freien und im Wasser steht er ziemlich gut, hat aber, wie der Kalkstein, keine große Dauer.

d. Mergelsandstein. In diesem Sandsteine sind die Körner durch Mergel gebunden. Er bricht in der Regel sehr hart, zieht aber aus der Luft Feuchtigkeit an und zerfällt, wenn der Frost einwirkt. Dieser Stein geht mit dem Mörtel geringe Verbindung ein und ist zur Erzeugung des Mauerfraßes besonders geneigt. Als Baustein ist er von den Sandsteinen der schlechteste.

e. Eisensandstein. Die Quarzkörner dieses Sandsteines sind mit thonhaltigem Eisenoxyd oder Oxydhydrat gebunden. Die Farbe ist gelb, ins Braune bis zu Rothbraun übergehend. Da das Eisenoxyd durch Wasser oder Feuchtigkeit in eine höhere Oxydationsstufe übergeht, so wird, weil damit eine Ausdehnung der Masse verbunden ist, der Eisensandstein zersplittert. Die gelbgefärbten Steine sind besonders dem Verwittern unterworfen, wogegen die dunkel gefärbten, bei welchen das Eisen schon eine hohe Oxydationsstufe erreicht hat, zuweilen recht gut im Wetter stehen.

B. Die künstlichen Bausteine

sind entweder nur an der Luft getrocknete Formsteine und werden dann auch Luftsteine, oder nach der Masse, woraus sie geformt werden, Lehmsteine, Kalksandsteine, Bimssandsteine oder Tuffsteine genannt, oder es sind Formsteine, welche nach dem Trocknen durch Feuer gebrannt sind und dann Backsteine oder Mauerziegel genannt werden.

a. **Luftsteine.** — Lehmsteine werden von möglichst gleichmäßig erweichter Lehm- oder Thonmasse in Formen geschlagen. Der Lehm darf nicht zu fett sein, weil die Steine beim Trocknen sonst sehr schwinden und reißen; er darf aber auch nicht zu mager sein, weil davon gefertigte Steine keine genügende Festigkeit haben und leicht zerbröckeln. Eine sorgfältige Reinigung der Lehmmasse ist nicht erforderlich, doch muß sie gleichmäßig erweicht sein, damit sie die Form ausfüllt und der Stein gleichmäßig trocknet. Vollkommene Trockenheit der Lehmsteine vor ihrer Verwendung ist ein

Haupterforderniß, wenn davon aufgeführtes Mauerwerk nicht feucht und ungesund sein soll. Um die Lehmsteine in möglichst großen Dimensionen und zum Transport weniger zerbrechlich anfertigen zu können, wird die Lehmmasse mit faserigen Substanzen zusammengearbeitet, wodurch sie filzartig zusammenhängend wird. Kurzes Heu, Hanf- oder Flachsschaben, Queckenwurzeln, Gerberlohe und langfaserige Moose sind dazu geeignete Stoffe. Derartige Luftsteine, welche Lehmpatzen genannt werden, können in viel größeren Dimensionen als die von ungemischter Lehmmasse angefertigt werden, trocknen früher aus und bieten durch ihre rauhen Oberflächen dem Verputze mehr Haltbarkeit. Die vollkommen getrockneten Lehmsteine, und insbesondere die Lehmpatzen, eignen sich zu Umfangsmauern und Scheidewänden, welche gegen aufdringende Grundfeuchtigkeit und Schlagregen geschützt sind, als ein sehr billiges Material, welches für Wohngebäude den Vorzug vor denjenigen natürlichen Steinen verdient, an deren Oberfläche die Dünste sich niederschlagen und so das so ungesunde Schwitzen der Mauern veranlassen. Die Kalksandsteine oder Kalkziegel werden aus gelöschtem Kalk, sogenannter Kalkmilch, unter Zusatz von scharfem Sand oder Steinkohlenschlacke hergestellt, in Formen gepreßt und dann längere Zeit (mindestens 3—4 Monate) an der Luft getrocknet. Ganz in ähnlicher Weise werden die Bimssandsteine, auch Tuff- oder Schwemmsteine genannt, aus dem Bimssand in der Gegend von Neuwied und Koblenz unter Zusatz von Luftkalkmilch bereitet. Dieselben bieten vermöge ihrer geringen Schwere ein ganz vorzügliches Material zur Ausmauerung von inneren und Fachwerkswänden und werden vielfach angewandt. Auch Kaminröhren werden aus diesem Material in gleicher Weise bereitet, welche den Vortheil großer Leichtigkeit bei raschester Ausführung bieten und zugleich möglichst wenig Raum einnehmen. Auch diese haben in den letzten Jahren bedeutende Verbreitung und Anwendung gefunden.

b. **Backsteine** (Mauerziegel). Allgemeine Anforderungen an die gebrannten Mauersteine sind: 1. daß sie fest, rein in der Masse und frei von Rissen und Sprüngen sind; 2. daß sie, der Nässe sowie der Witterung ausgesetzt, nicht vom Froste zerstört werden; 3. daß sie dem Feuer widerstehen, ohne zu bersten oder zu schmelzen.

Diesen Anforderungen entsprechen selbst nur wenige der vorzüglichsten natürlichen Steine einigermaßen, vollkommen keine. Gleichwol können, bei richtiger Wahl und Bearbeitung der Masse und bei sorgfältigem Brennen bis zu der Härte, welche erreicht werden kann, bevor die Masse schmilzt, Backsteine hergestellt werden, welche den oben gestellten Anforderungen in höherem Maße genügen, als alle natürlichen Bausteine. Die Masse, woraus die Backsteine geformt werden, ist gemeiner Thon und Lehm. Der Thon ist gewöhnlich ohne Beimischung von Sand zu Backsteinen nicht geeignet, weil die Masse schon beim Trocknen zu stark schwindet und beim Brennen berstet. Auch werden aus Thon gebrannte Steine an der Oberfläche zu

glatt, um eine innige Verbindung mit dem Mörtel zuzulassen. Soll nun der Thon, welcher als solcher keine Beimischung von Sand enthält, nach der Sprache der Ziegler zu fett ist, zu Backsteinen verwendet werden, so muß demselben bei der Durcharbeitung so viel Sand zugesetzt werden, bis davon angefertigte Steine beim Trocknen nicht mehr erheblich schwinden und beim Brennen weder Risse bekommen, noch bersten. Die Quantität des einer Thonart zuzusetzenden Sandes muß durch Versuche ermittelt werden. Bei sehr fettem Thon wird in der Regel durch einen Zusatz von 1 cbm Sand zu 3 cbm Thon eine gute Backsteinmasse erzielt. Der Sandzusatz muß gleichmäßig in die Masse verarbeitet, und es darf dazu nur reiner Quarzsand genommen werden.

Ist nun der Thon in der Regel zur Backsteinmasse zu fett, so ist dagegen der Lehm dazu meist zu mager, das heißt, er enthält eine zu große Menge Sand beigemischt. Soll dennoch magerer Lehm zu Backsteinen verwendet werden, so muß man dem Lehm so viel fetten Thon zusetzen, bis die Masse das richtige, beim Trocknen und Brennen erprobte Mischungsverhältniß von Thon und Sand zeigt. Da nun aber Thon und Lehm im Wasser nicht gleichmäßig erweichen, so müssen beide für sich durchgearbeitet und nach der Durcharbeitung in dünnflüssigem Zustande vermischt werden. Fetter Thon mit Sand versetzt ist als Backsteinmasse dem magern Lehm, welcher einen Thonzusatz verlangt, vorzuziehen.

Es findet sich in der Natur zuweilen der Lehm in der für Backsteinmasse geeigneten Mischung von Thon und Sand vor; selten aber ist dieser Lehm zugleich frei von denjenigen Beimischungen, als: Kalk- und Mergelerde, Kieselsteine 2c., welche die Masse lockern und entweder schon beim Brennen oder nach dem Brennen durch eindringende Nässe ein Lockerwerden oder Zersprengen der Steine veranlassen.

Kann der Lehm über Winter im Freien der Einwirkung des Frostes ausgesetzt werden, so lösen sich manche Beimischungen auf, oder trennen sich, zum leichten Erkennen und Entfernen, von der Masse. Dies ist aber nicht immer möglich und auch nicht geradezu erforderlich. Es wird der gegrabene Lehm in Gruben eingesumpft, nach gleichmäßigem Erweichen außerhalb der Grube mit breiten Hacken durchgearbeitet und bei der Durcharbeitung von den nachtheiligen Beimischungen befreit. Ist die Lehmmasse mit der breiten Hacke in dünnen Schichten durchgehauen, so wird sie am besten nochmals mit bloßen Füßen, Tritt bei Tritt, durchgetreten, wobei die noch darin enthaltenen kleinen Steine, welche beim Durchhauen nicht bemerkt wurden, leicht entdeckt und ausgelesen werden können. Werden Maschinen zum Durcharbeiten der Backsteinmasse angewendet, so können dabei die schädlichen Beimischungen zermalmt und unschädlich gemacht werden.

Die Masse für Backsteine, welche, wie die Dachziegel, scharf und genau geformt, rein in der Masse und dabei wetterbeständig sein müssen, verlangt eine sorgfältigere Bearbeitung und Reinigung, und es darf dazu nur Thon

mit Sandzusatz verwendet werden, wenn die Erde nicht schon das geeignete Mischungsverhältniß von Thon und Sand hat. Magerer Lehm, welchem Thon zugesetzt werden müßte, ist zu einer guten Backsteinmasse nicht geeignet.

Die Bearbeitung besteht in wiederholtem Durchhauen und Durchtreten, worauf die weitere Reinigung der Masse durch Schlämmen erfolgt. Beim Schlämmen wird die Masse in dünnflüssigem Zustande, während sie durch Rühren oder Rütteln in beständiger Bewegung erhalten wird, von den darin befindlichen Steinen und groben Sandkörnern durch Niederschlag der letzteren oder durch Sieben befreit. Die gereinigte dünnflüssige Masse wird in Gruben gebracht, durch deren Umfangswände das darin enthaltene Wasser zum Theil aufgesogen wird. In diesen Gruben bleibt die Masse so lange, bis sie zu der für die weitere Verarbeitung nöthigen Konsistenz abgedunstet ist.

Das Formen — Streichen — der Backsteine geschieht entweder im Freien, und dann steht der Arbeiter gewöhnlich in einer Grube und verrichtet das Formen auf dem natürlichen Boden, in welchen zur Auflage der Formenbreter zwei Querleisten eingedrückt sind; oder es geschieht im Trockenen, in der Ziegelhütte, und dann hat der Arbeiter in der Regel einen Formtisch vor sich, welcher der Form zur Unterlage dient. Eine dritte Art des Formens erfolgt mittels besonders dazu eingerichteter Maschinen.

Je nach den Anforderungen, welche an Backsteine in Bezug auf die Reinheit der Masse, Güte und Form gestellt werden, findet eine verschiedene Behandlung beim Formen statt. Es wird entweder in Wasser oder in Sand geformt. Das Formen in Wasser bietet die Möglichkeit, in der kürzesten Zeit die größte Anzahl Steine zu fertigen; die Steine schwinden aber beim Trocknen sehr stark und ungleich, so daß sie eine sehr unregelmäßige Gestalt erhalten. Bei dem Formen in Sand verlangt die Bearbeitung der Masse eine größere Sorgfalt, und das Formen selbst geht langsamer von statten; dagegen schwinden die Steine beim Trocknen weniger und gleichmäßig und behalten nach dem Trocknen nahezu die Gestalt und Größe der Form. Das Unterscheidende der genannten Verfahrungsarten im Formen der Backsteine besteht darin, daß der Ziegler beim Formen — Schlagen — der Backsteine im Wasser die Lehmmasse ohne weitere Bearbeitung als die, daß der Lehm in der Grube durchweicht und einmal getreten oder durchgehauen wird, sehr erweicht in die Form schlägt, so daß sie die Form ohne Nachhülfe ausfüllt, und daß nach dem Einschlagen der Masse nur die Form abgehoben und der Stein mit dem Unterlagbret auf den Trockenplatz getragen und daselbst auf die flache Seite gelegt wird; während beim Formen in Sand der Ziegler die Masse sehr konsistent in die Form schlägt, sie in die Form genau eindrückt, das Fehlende ersetzt oder das Ueberflüssige mit dem Streichbrete scharf abschneidet, den gefertigten Stein zwischen zwei Formbreter bringt und zwischen diesen Bretern auf den Trockenplatz tragen und daselbst auf die lange Hochkante stellen läßt.

Um nun die Form von der eingeschlagenen Masse abheben zu können,

ohne daß von derselben an der Form kleben bleibt, wird vor dem Einschlagen der sehr erweichten Masse die Form jedesmal mit Wasser abgewaschen; wogegen vor dem Einschlagen sehr konsistenter Masse die Form sowol als auch die Unterlagbreter mit feinem Sande bestreut werden, und selbst die einzuschlagende Masse für die einzelnen Steine vor dem Einschlagen in die Form mit Sand umhüllt wird. Nach diesen verschiedenen Manipulationen wird das Formen der Steine, in Wasser oder in Sand, benannt.

Bei Feldziegeleien wird in der Regel in Wasser geformt, und es giebt Ziegler, welche täglich 8000 bis 10,000 Backsteine zu formen im Stande sind. Bei sorgfältigem Formen in Sand wird der geübteste Ziegler nicht über 2000 Stück Backsteine täglich zu formen vermögen. Bei vielen Ziegeleien wird im Formen ein Mittelweg eingeschlagen, indem die Formen gewaschen und nach dem Waschen mit Sand bestreut werden. Die Masse wird dabei nicht so konsistent bearbeitet wie beim Formen in Sand, aber konsistent genug, um die Steine zwischen zwei Bretern auf den Trockenplatz tragen und daselbst auf die Hochkante aufstellen zu können. Nach diesem Verfahren kann der Ziegler täglich 3500 bis 4000 Stück Backsteine formen.

Das Trocknen der Backsteine erfolgt bei Feldziegeleien im Freien, und es werden dieselben von dem Trockenplatze aus auf Haufen gesetzt und durch ein über dem Haufen angebrachtes leichtes Stroh- oder Breterdach vor dem Schlagregen geschützt. Bei Ziegeleien, welche für einen gewerbsmäßigen Betrieb eingerichtet sind, werden die Backsteine in besonderen Schuppen oder Scheunen von dem Trockenplatze aus auf Trockengerüste gebracht, und es steht in der Regel der Brennofen mit dem Trockenraume in Verbindung, so daß die getrockneten Steine auf dem kürzesten Wege zum Ofen gebracht werden können.

Sind die Steine vollkommen lufttrocken, so werden sie im Feuer steinhart gebrannt. Das Brennen geschieht in eigens dazu konstruirten Oefen, oder im Freien, auf sogenannten Meilern. Die Konstruktion der Backsteinöfen hier näher zu erörtern, kann unsere Absicht nicht sein, und es wird sich dazu in dem letzten Abschnitte „Von den Feuerungsanlagen" geeignetere Gelegenheit darbieten. Im Allgemeinen hat sich die Einrichtung und Größe eines Brennofens nach dem zur Anwendung kommenden Brennmateriale zu richten. Wir werden nach der Anforderung des von einem Brennmaterial zu erreichenden größten Nutzeffektes konstruirte und bewährte Ziegelöfen für Holz-, Torf-, Steinkohlen- und Braunkohlenfeuerung mittheilen und bei dieser Gelegenheit uns weiter über das Brennen selbst verbreiten.

Die Abmessungen der gebrannten Mauersteine richten sich nach dem Verbande der davon aufzuführenden Mauerwerke einestheils, und anderntheils nach dem Verhalten der Thon- oder Lehmmasse in Bezug auf das Garbrennen. Sind sie besonders geformt, so werden sie nach der ihrer Form entsprechenden Anwendung benannt, als: Kaminsteine, Kesselsteine, Gewölbsteine und Belegsteine oder Belegeplatten ꝛc.

Zweiter Abschnitt.

Von dem Baukalke.

Werden Kalksteine einige Zeit einer starken Glühhitze ausgesetzt, so werden sie in lebendigen Kalk verwandelt. Von der Härte und Feinkörnigkeit der Kalksteine hängt die Güte des daraus gebrannten Kalkes keineswegs ab, und es wird vom gemeinen Grobkalke eben so guter Baukalk gewonnen als von dem feinsten Marmor.

Das **Brennen des Kalkes** geschieht entweder in Backsteinöfen — Ziegelöfen — wo die Kalksteine zunächst der Feuerstelle eingesetzt und gleichzeitig mit den Backsteinen gebrannt werden, oder in besonderen Oefen, welche von den Ziegelöfen hauptsächlich darin abweichen, daß sie meist nicht überwölbt, sondern oben offen sind. Wir werden bei den in dem letzen Abschnitt abzuhandelnden Feuerungsanlagen auf die Konstruktion der Kalköfen näher eingehen und bewährte Oefen für Holz-, Torf- und Steinkohlenbrand in Abbildung mittheilen.

Verschiedene Arten Baukalk. Nach dem Verhalten des Kalkes nach dem Löschen, in Bezug auf den Raum, welchen der gelöschte Kalk einnimmt, gegen den Raum, welchen er vor dem Löschen einnahm, werden die verschiedenen Arten von Baukalk gewöhnlich in **fetten** und **magern** Baukalk eingetheilt. Da es nun aber Kalk giebt, welcher gelöscht einen dreimal größern Raum einnimmt als im ungelöschten, pulverisirten Zustande, und wieder andern, der nach dem Löschen $1\frac{1}{5}$ des Raumes im ungelöschten Zustande einnimmt, so erscheint, wegen der verschiedenen Zwischenstufen innerhalb der angeführten Grenzen, die Unterscheidung zwischen fettem und magerm Kalke unzureichend. Zur Beseitigung jeder Unbestimmtheit werden wir den Baukalk nach seiner Eigenschaft zu erhärten unterscheiden, und 1. **gemeinen Baukalk** alle Arten Kalk nennen, welche die Eigenschaft haben, an der Luft, nie aber unter Wasser vollkommen zu erhärten, und 2. **hydraulischen Kalk** alle diejenigen Kalkarten, welche ohne Zuthat eines fremden Bestandtheils in kurzer Zeit und vollkommen unter Wasser erhärten.

a. **Der gemeine Baukalk** kann **fett** genannt werden, wenn er gelöscht einen $2\frac{1}{2}$—3mal größern Raum einnimmt als im ungelöschten pulverisirten Zustande, **mittler**, wenn er 2—$2\frac{1}{2}$mal, und **mager**, wenn er $1\frac{1}{4}$—2mal mehr Raum gelöscht als ungelöscht einnimmt. Die Zunahme an Volumen durch das Löschen wird beim Kalke das Gedeihen genannt. Ein Kalk wird um so mehr gedeihen, je weniger fremde Beimischungen in dem Kalksteine, welcher im reinen Zustande nur aus Kalkerde mit Kohlensäure gebunden besteht, enthalten sind. Durch das Brennen wird dem Kalksteine das Krystallisationswasser und der größte Theil der Kohlensäure

entzogen, zugleich aber auch eine wechselseitige Wirkung der in dem Kalksteine enthaltenen Oxyde veranlaßt und so eine Veränderung der beigemischten fremden Theile bewirkt, welche einen besondern Einfluß auf die Bindekraft des aus dem gelöschten Kalke bereiteten Mörtels und auf dessen Erhärten hat.

Während des Brennens ändert der Kalkstein seine Farbe und er wird, wenn er gehörig ausgebrannt — gar — ist, in der Regel fahlgelb, gelbgrau oder weiß. Die helle Farbe ist übrigens noch kein untrügliches Zeichen davon, daß der Kalk gar ist. Ein guter und gargebrannter Kalk muß sich beim Löschen schnell und vollständig in eine breiartige Masse auflösen, ohne einen harten Kern, Stein oder Sand zu enthalten. Haben Kalksteine eine bedeutende Beimischung anderer Erdarten und Oxyde, so daß beim Brennen ein theilweises Verschlacken der Masse erfolgt und der davon gebrannte Kalk die Fähigkeit zu löschen nur in geringem Grade oder gar nicht hat, so nennt man diesen Kalk todtgebrannten. Beträgt die im Kalksteine enthaltene Beimischung von Kieselerde, Thonerde, Eisenoxyd ꝛc. nicht mehr als 15 Proz., so wird dadurch das Todtbrennen des Kalkes nicht veranlaßt. Abgestorbener Kalk wird derjenige gebrannte Kalk genannt, welcher nach dem Brennen längere Zeit der feuchten Luft ausgesetzt war und deshalb, weil er Wasser und Kohlensäure angezogen, sehr schlecht löscht. Dem Absterben des Kalkes vorzubeugen, muß der gebrannte Kalk baldmöglichst, nachdem er aus dem Ofen genommen, gelöscht oder, wenn dies nicht möglich ist, in trockenen Räumen aufbewahrt und beim Versenden wohl verpackt werden.

Löschen des Kalkes. Wird der frischgebrannte Kalk mit Wasser besprengt, so saugt er dasselbe, bis zu etwa dem vierten Theile seines eigenen Gewichtes, begierig ein, schwillt auf und zerfällt nach kurzer Zeit in ein trockenes, weißes Pulver. Bei diesem Prozesse der Umwandlung des gebrannten Kalksteines in ein leicht zerreibliches trockenes Pulver (Kalkhydrat) wird eine beträchtliche Menge Wärmestoff entwickelt, so daß sich Dämpfe bilden, welche einen eigenthümlichen Geruch dadurch verbreiten, daß sie bei ihrem Entweichen aufgelöste Kalkerde mit fortführen. Wird nun dem zerfallenen Kalke eine größere Menge Wasser zugesetzt, so verwandelt sich das Kalkpulver in einen weißen Kalkbrei, welcher den Hauptbestandtheil des bei der Ausführung der Mauerwerke so wichtigen Bindematerials, des Mörtels, bildet.

Nach dieser Eigenschaft des Kalkes beruht das Löschen desselben darauf, den gebrannten Kalkstein in einen gleichmäßig erweichten Kalkbrei umzuwandeln. Da nun die Kalksteine so überaus verschieden sind, so wird auch deren Behandlung in gebranntem Zustande beim Löschen verschieden sein müssen. Insbesondere läßt sich nichts allgemein Giltiges in Bezug darauf sagen, welche Quantität Wasser zum Löschen des Kalkes genommen werden muß. Das gewöhnliche Verfahren beim Löschen des gemeinen Baukalkes, wobei mehr Wasser zugesetzt wird als nothwendig wäre, das Kalkpulver in Kalkbrei umzuwandeln, beruht auf der Erfahrung, daß gelöschter Kalk an Güte gewinnt, wenn er, gegen den Zutritt der Luft verwahrt, längere Zeit

in feuchten Gruben aufbewahrt wird. Das Löschen wird in der Regel in einem Breterkasten von solcher Größe — 1,5 bis 2 m ins Gevierte, 0,5 m tief — vorgenommen, daß ein Arbeiter mit der Kalkhacke die Kalkmasse bequem durcharbeiten kann. Der Boden des Kastens wird nach der Seite, wo die zur Aufnahme des gelöschten Kalkes bestimmte Kalkgrube sich befindet, etwas geneigt angelegt, und an der Kastenwand befindet sich gegen die Kalkgrube ein Schieber nebst Rinne zum Ablassen des gelöschten Kalkes in die Grube.

Der Arbeiter bringt nun so viel gebrannten Kalk in den Kasten, daß er etwa den vierten Theil des Raumes einnimmt, gießt dann so viel Wasser darauf, als der Kalk in sich einzusaugen vermag, läßt ihn so lange ruhig, bis er zerplatzt und in Pulver zerfällt, und setzt erst dann, unter beständigem Durcharbeiten mit der Hacke, so viel Wasser zu, als zu einem etwas dünnflüssigen Kalkbrei nöthig ist. Ist die Kalkmasse gleichmäßig durchgearbeitet und zeigen sich darin keine noch löschbaren Kalkstücke mehr, so wird der Schieber des Kastens geöffnet und der dünngelöschte Kalk in die Grube abgelassen.

War dem Kalk beim Löschen zu wenig Wasser zugesetzt, so daß nicht alle Kalktheile sich erschließen konnten, was der Maurer unter dem Verbrennen des Kalkes versteht, so zeigt sich dieselbe Erscheinung, als wenn der Kalk unter Wasser zersetzt wurde, bevor er zerfallen war, was der Maurer unter dem Ersäufen des Kalkes versteht; es bleiben nämlich die ungelöschten Kalktheile als Gries oder Sand auf dem Boden des Löschkastens zurück.

In der Kalkgrube schließen sich die in dem Löschkasten noch nicht vollständig aufgelösten Kalktheile nach und nach auf, und der Kalkbrei wird ganz gleichartig. Ist der in Gruben eingelassene gelöschte Kalk genugsam verdunstet, was sich durch Risse und Sprünge an der Oberfläche zu erkennen giebt, so muß er gegen den Zutritt der Luft verwahrt werden, damit er nicht dadurch unbrauchbar wird, daß die Luft eindringt und Kohlensäure zuführt. Es geschieht dies am einfachsten dadurch, daß man den gelöschten Kalk mit einer 50 bis 60 cm dicken Schicht von Sand bedeckt. Durch längeres Lagern des gelöschten Kalkes in bedeckten feuchten Gruben wird nicht allein der Kalk zu einer durchgängig gleichartig aufgelösten Masse, sondern es wird auch die Kalkerde mit dem Wasser inniger gebunden, und es trägt dies wesentlich dazu bei, daß Mörtel, aus Grubenkalk bereitet, einen höhern Grad von Festigkeit und Härte erlangt, als Mörtel von frischgelöschtem Kalk.

Bei den Alten war es Gebrauch, den Kalk für wichtige Bauwerke längere Zeit in Gruben aufzubewahren, und es hat sich eine alte Bauverordnung Roms, nach welcher Unternehmer von Staatsbauten keinen Kalk verwenden durften, wenn er nicht mindestens drei Jahre in der Grube gelegen hatte, an den auf uns gekommenen Ueberresten römischer Bauwerke, an denen wir die Härte des Mörtels nach Jahrhunderten bewundern, als eine sehr heilsame Maßregel bewährt. Wenn in neuerer Zeit weniger Werth auf die Verwendung des in Gruben gelagerten Kalkes gelegt wird, so ist dies sehr zu bedauern, und das um so mehr, weil es auf einem Irrthum

beruht, indem man das schnelle Anziehen und Erstarren des Mörtels von frisch gelöschtem Kalke für wirkliches Erhärten hält, was es keineswegs ist. Wir werden, wenn von der Bereitung des Mörtels die Rede sein wird, nachzuweisen suchen, daß das schnelle Anziehen und Erstarren des Mörtels das wirkliche Erhärten desselben verhindert.

Es ist gerathen, das Wasser, welches zur Umwandlung des Kalkpulvers in Kalkbrei zugesetzt wird, nach und nach in die Kalkkästen zu schütten und nicht den im Zerfallen begriffenen Kalk damit zu übergießen, weil es durch Erfahrung sich bestätigt hat, daß die heißen, nicht aufgelösten Theile des Kalkes sich schlecht auflösen, wenn sie mit kaltem Wasser benetzt werden. Je kälter das Löschwasser ist, um so nachtheiliger wirkt es auf das Löschen des erhitzten Kalkes ein. Die Beschaffenheit des zum Löschen verwendeten Wassers ist von großem Einfluß auf den Erfolg des Löschens. Weiches Fluß- und Teichwasser ist dem harten Brunnenwasser vorzuziehen, und unreines Wasser unter allen Umständen zum Kalklöschen ungeeignet. Enthält das Löschwasser Salz, so ist dies Veranlassung, daß der aus dem gelöschten Kalke bereitete Mörtel den unter dem Namen des Mauerfraßes bekannten Beschlag erhält, welcher den Mörtel und zugleich die meisten Steine nach und nach zerstört. Das unreine Wasser enthält immer Bestandtheile, welche in Verwesung übergehen, so daß salpetersaurer Kalk im Mörtel erzeugt wird, welcher ebenfalls zerstörend auf den Mörtel und die meisten Steine einwirkt.

Ein Verfahren, magern Kalk zu löschen, besteht darin, daß man den Kalk, frisch aus dem Ofen genommen, einige Sekunden ins Löschwasser eintauscht, bis er, herausgezogen, zu Pulver zerfällt. Soll dabei der Kalk vollständig zu Pulver zerfallen, so muß er vor dem Eintauchen in kleine Stücke von etwa Nußgröße zerschlagen werden, damit die durch Erwärmung erzeugten Wasserdämpfe den Kalk durchdringen und so auflösen. Wird das durch Eintauchen des Kalkes erhaltene Kalkpulver vor Feuchtigkeit bewahrt, so kann es längere Zeit aufbewahrt werden, giebt aber immer einen besser bindenden und schneller erhärtenden Mörtel, wenn es sogleich nach dem Löschen gebraucht wird. Mörtel, aus dem durch Eintauchen gelöschten Kalke bereitet, soll die Eigenschaft haben, daß er, unter Wasser gesetzt, nicht zergeht. Die gewöhnliche Löschungsart liefert den meisten Kalk, bewirkt sonach die beste Auflösung des Kalkpulvers. Man wird also, um aus einem durch Eintauchen gelöschten Kalke einen ebenso fetten Mörtel zu bereiten, als aus Kalk im Wasser gelöscht, viel mehr Kalk dazu anwenden müssen.

b. **Der hydraulische Kalk.** Alle Kalkarten, welche die Eigenschaft haben, daß der daraus bereitete Mörtel unter Wasser erhärtet, werden zu den hydraulischen gezählt. Was diese Kalkarten wesentlich von dem gemeinen Baukalk unterscheidet, ist das Vorhandensein von Kieselerde, Alaunerde und oxydhaltiger Thonerde in überwiegender Menge, so daß die Kalkerde nicht den Hauptbestandtheil bildet. Die hydraulischen Kalke sind demnach immer magere Kalke, und wenn sie zuweilen zu den mittleren Kalken gerechnet

werden können, so ist ihre hydraulische Eigenschaft eine geringe. Aber nicht alle mageren Kalke sind hydraulisch. Bei dem Brennen der hydraulischen Kalke muß die Hitze in niederen Graden, aber längere Zeit andauernd als beim fetten Kalke, unterhalten werden, weil das Todtbrennen durch Verschlacken, welches bei dem reinen Urkalke nie eintreten kann, um so leichter bei hoher Hitze bewirkt wird, je mehr der Kalkstein thon- und kieselerdehaltige Beimischungen enthält.

Das Löschen der hydraulischen Kalke, welche um so weniger Wasser einsaugen, als sie weniger Kalkerde enthalten, kann nicht wie bei dem fetten Kalke durch Auflösung im Wasser geschehen, weil die in dem gebrannten Kalke enthaltene Kalkerde sofort mit den Erden und Oxyden eine innige Verbindung eingeht, wenn sie im Wasser vollkommen aufgelöst ist, und ohne andere Beimischungen erhärtet. Hiernach darf beim Löschen der hydraulischen Kalke nur so viel Wasser angewendet werden, als der Kalk einzusaugen vermag, bevor er in Kalkpulver zerfällt. Das zur Umwandlung des Kalkpulvers in Kalkbrei erforderliche Wasser darf erst bei der Bereitung des Mörtels zugesetzt werden. Je nach der Beschaffenheit des Kalkes und der Zeit der Verwendung desselben ist das Verfahren beim Löschen verschieden; immer aber ist es zweckmäßig, den gebrannten Kalk vor dem Löschen in möglichst kleine Stücke zu zerschlagen, damit das Eindringen des Löschwassers, somit das Erschließen der Kalkerde, gleichmäßig erfolgt.

Das Eintauchen als Löschverfahren hat nur bei etwas fetten hydraulischen Kalkarten günstige Resultate geliefert und ist bei sehr mageren Kalken um deswillen nicht anwendbar, weil diese Kalkarten das Wasser nur sehr langsam aufnehmen und ein Theil der Kalkerde beim Eintauchen schon in Brei übergeht, während der andere Theil noch nicht in Kalkpulver zerfallen ist.

Soll der Kalk bald nach dem Löschen verbraucht werden, so ist bei diesem folgendes Verfahren einzuhalten: der gebrannte Kalk wird in einer dünnen Lage auf dem Platze, wo der Mörtel bereitet wird, ausgebreitet und mit der Gießkanne leicht mit Wasser überspritzt. Zeigt sich das Zerplatzen der Kalkstücke, so wird der Kalk mit etwas weniger feuchtem Sand, als zur Mörtelbereitung nöthig ist, überdeckt und auf der Sandschicht eine zweite Lage Kalk ausgebreitet. Diese Kalklage wird nun wie die erste mit Wasser bespritzt und, sobald der Kalk zerfällt, wieder mit feuchtem Sand gedeckt. In dieser Weise wird mit abwechselnden Lagen von bespritztem Kalk und feuchtem Mörtelsande fortgefahren, bis der Haufen den Umfang erreicht hat, daß daraus die gewünschte Mörtelmasse bereitet werden kann; sodann wird der Haufen von außen mit einem dünnen Sandüberzuge versehen, nochmals mit der Gießkanne angefeuchtet, und bleibt nun bis zum nächsten Tage stehen. Durch das Decken des Kalkes bleibt die sich bei der Umwandlung des gebrannten Kalkes in Kalkpulver entwickelnde Wärme geschlossen, so daß die Dämpfe, den Kalk durchdringend, die Auflösung vollständig bewirken, ohne daß durch die Luft ein Erstarren der Kalkauflösung bewirkt werden kann.

Hat der zu löschende Kalk schon einige Zeit gelagert, so wird derselbe weniger begossen und mit trockenem Sande gedeckt.

Bei der Wichtigkeit des hydraulischen Kalkes für das Bauwesen wird demselben in neuerer Zeit die Aufmerksamkeit der gelehrten Techniker in hohem Grade zugewendet, und es liegen auch die Resultate sehr ausgedehnter Untersuchungen über die üblichen Verfahrungsarten beim Löschen desselben vor. Daß das Löschen im Wasser unter allen Umständen sehr ungünstige Resultate in Bezug auf das Erhärten des hydraulischen Mörtels lieferte, konnte nach dem, was wir bereits darüber erwähnt haben, erwartet werden. Ganz unerwartet aber, und allen Erfahrungen widersprechend, welche, durch jahrhundertlange Ueberlieferung geheiligt, von keiner Seite bisher angetastet waren, wird nun, auf Grund angestellter Versuche, die Behauptung aufgestellt, daß derjenige hydraulische Kalk den vorzüglichsten Mörtel liefere, welcher ohne alle Anwendung von Wasser, nur allein durch die Einwirkung der Luft, an welcher der Kalk bekanntlich zerfällt, gelöscht werde. Es wird behauptet, daß das Zerfallen des Kalkes an der Luft um so bessere Resultate liefere, je langsamer es von statten gehe, und daß zu dem Ende der gebrannte Kalk bedeckt und gegen den Zutritt feuchter Luft verwahrt werden müsse. Da nun aber der Prozeß der Umwandlung des gebrannten — kalzinirten — Kalksteins in Kalkpulver — Kalkhydrat — ohne Wasser gar nicht stattfindet, so könnte auch von einem Zerfallen des gebrannten Kalkes durch die Luft nicht die Rede sein, wenn der Kalk nicht aus der Luft nach und nach die zur Bildung des Kalkhydrats erforderliche Wassermenge einsaugen könnte. Bisher war die Meinung aller Techniker die, daß aller Kalk, der fette wie der magere, durch das Zerfallen an der Luft als Baukalk an seiner Güte verliere, und wir werden auch so lange nach dieser Meinung verfahren und den Kalk bis zu dem Löschen vor dem Zerfallen durch das Eindringen feuchter Luft schützen müssen, bis alle Zweifel gegen das empfohlene Löschen des Kalkes an der Luft gehoben sind.

Dem französischen Ingenieur Vicat gebührt das Verdienst, über die Eigenschaften des hydraulischen Kalkes durch die Mittheilung seiner gründlichen Versuche mehr Licht verbreitet zu haben. Das von ihm empfohlene Löschen des Kalkes an der Luft hat von gewichtiger Seite Widerspruch erfahren, und da wir selbst darüber unsere Zweifel nicht verhehlt haben, so wird es billig sein, ihn darüber selbst zu hören. Vicat sagt:

„Ich bin der Erste gewesen, der die Meinung geäußert hat, daß ein fetter Kalk, der an der Luft zerfällt und ein Jahr in einem bedeckten, den Winden nicht ausgesetzten Orte der Wirkung der Luft überlassen bleibt, weit bessere Resultate giebt, als wenn er auf die gewöhnliche Art gelöscht wird. Diese Behauptung gründet sich auf 150 auf verschiedene Art angestellte Versuche. Neuerdings, sechs Jahre nach meinen ersten Untersuchungen, habe ich mit Mörtelstücken, die ich zu dem Ende aufgehoben hatte, neue Versuche angestellt und gefunden, daß die Festigkeit des mit gewöhnlich

gelöschtem Kalk bereiteten Mörtels 190,7 und des mit an der Luft zerfallenem Kalk bereiteten Mörtels 2500 war. Wie ist dies mit dem vorgeblich nachtheiligen Einfluß der Berührung der Luft auf den nach dem von mir empfohlenen Verfahren gelöschten Kalk zu vereinigen?"

Es kann nicht genug empfohlen werden, zur Beseitigung von Zweifeln über das beim Löschen des hydraulischen Kalkes einzuhaltende zweckmäßigste Verfahren überall, wo sich Gelegenheit dazu bietet, Versuche anzustellen.

Dritter Abschnitt.

Von dem Mörtel.

Der Mörtel, auch Mauerspeise oder Speiß genannt, ist das von unvordenklichen Zeiten bis auf die Gegenwart her angewendete Verbindungsmittel der natürlichen und künstlichen Mauersteine, und es wird darunter vorzugsweise die aus gelöschtem Kalk und Sand oder anderen steinartigen Körpern bestehende, teigartig zusammenhängende Masse verstanden, welche die Fähigkeit hat, selbst steinhart zu werden, an Steinen oder steinartigen Körpern festzuhaften und dieselben, wie ein Kitt, zu einer einzigen Masse fest und dauerhaft zu verbinden.

Nach den bereits erwähnten Eigenschaften des Kalkes, entweder an der Luft oder unter Wasser steinhart zu werden, sind auch die daraus bereiteten Mörtel verschieden, und wir werden, wie allgemein üblich, als Luftmörtel diejenigen Mörtelarten bezeichnen, welche, aus gemeinem Baukalk bereitet, nur an der Luft oder im Trockenen den höchsten Grad ihrer Festigkeit erreichen, und unter Wassermörtel oder hydraulischem Mörtel diejenigen Mörtelarten verstehen, welche zum Erhärten der Luft und des Trocknens nicht bedürfen, sondern gerade unter Wasser steinhart werden.

a. Luftmörtel.

Es ist eine von keinem Maurer bezweifelte Thatsache, daß Kalk allein nicht bindet, daß aber ein aus gelöschtem Kalk und Sand oder sandartigen Steinkörpern in richtigem Mischungsverhältnisse gut zubereiteter Mörtel die Steine fest zusammenkittet und mit der Zeit selbst eine Festigkeit erlangt, welche oft größer ist, als die Festigkeit des Kalksteins, aus welchem der Kalk gebrannt war. Kann der Mörtel dadurch, daß ihm ein großer Theil des Wassers durch Einsaugen der Steine oder durch Verdunsten entzogen wird, in kurzer Zeit erstarren, so bedarf er dagegen zum Erhärten einer längern Zeit, und selbst unter den günstigsten Verhältnissen zum vollkommenen Erhärten einer Reihe von Jahren. Das Erhärten des Luftmörtels beruht

darauf, daß der gelöschte Kalk, welcher durchs Brennen den größten Theil der im natürlichen Kalkstein enthalten gewesenen Kohlensäure verloren hat, aus der atmosphärischen Luft wieder Kohlensäure anzieht. Es findet, wie die Kohlensäure eindringt, die Bildung eines Kalksilikats auf nassem Wege statt, wobei die lösliche Kieselerde zunimmt und eine Krystallisation des Kalkhydrats durch das in der Kalklösung als Kalkbrei enthaltene Kalkwasser erzeugt wird, welches beim Verdunsten den Kalk ablagert. Bei einem vollkommen erhärteten Mörtel werden hiernach die in der Mörtelmasse enthaltenen Sandkörner durch Kalksinter zusammengekittet sein. Daraus nun, daß der Luftmörtel ohne das Hinzutreten der Kohlensäure nur erstarren und austrocknen, keineswegs aber vollkommen erhärten kann, erklärt sich die Erscheinung, daß bei dem Abbruche alter Mauern der Mörtel an den äußeren offenen Mauerfugen sehr fest, im Kern aber sehr locker sein kann, und daß die Festigkeit eines Mörtels von sonst gleicher Beschaffenheit und von gleichem Alter um so größer ist, je mehr das Mauerwerk der Witterung ausgesetzt war. Wird dem Mörtel durch Verdunsten bei hoher Temperatur durch das Steinmaterial oder durch Frost sein Kalkwasser entzogen, so verliert er dadurch die Fähigkeit, zu erhärten. In mittler Temperatur hält der Mörtel sein Kalkwasser hartnäckig zurück, und es wird nur beim Anziehen der Kohlensäure ein äquivalenter Theil Wasser aus dem Mörtel geschieden. Am auffallendsten tritt dies bei dem Verputzmörtel im Innern der Wohngebäude zu Tage. Der Verputz ist vor dem Bewohnen scheinbar trocken; sobald aber beim Beziehen der Luft Kohlensäure zugeführt wird, fangen die Wände an zu schwitzen, und es hält dieses Hervortreten des aus dem Mörtel durch Kohlensäure verdrängten Wassers so lange an, bis der im Verputze enthaltene Kalk die ihm durchs Brennen entzogene Kohlensäure wieder in sich aufgenommen hat, oder bis das Eindringen der Kohlensäure so unmerklich von statten geht, daß der Mörtel das Ansehen der Trockenheit behält. Da nun die atmosphärische Luft sehr wenig Kohlensäure enthält, so kann das Erhärten des Luftmörtels im Freien nur sehr langsam vor sich gehen, und es kann keineswegs als Beweis für die Güte des Mörtels an sehr alten Bauwerken gelten, wenn wir ihn nach Jahrhunderten so überaus fest finden, da die Länge der Zeit einen sehr wesentlichen Antheil daran hat. Ist der beste Luftmörtel in feuchtem Grunde oder von der Einwirkung der Luft abgeschlossen angewendet, so wird er nie hart werden können.

Bereitung des Luftmörtels. Wenn die Bindekraft und Festigkeit des Luftmörtels darauf beruht, daß beim vollkommenen Erhärten die in der Mörtelmasse enthaltenen Sandkörner unter sich durch Kalksinter verbunden und an die Oberfläche der Steine mit diesem Sinter verkittet sind, so wird ein guter Mörtel so beschaffen sein müssen, daß die Sandkörner von dem Kalkbrei gleichmäßig umhüllt sind und bei dem Durcharbeiten so nahe wie möglich an einander zu liegen kommen, so nahe, daß das Volumen des Mörtels das Volumen des Sandes vor dem Zusatze nur um Weniges übersteigt.

Bevor der Sand beigemischt werden kann, muß der Kalk unter Zusatz von so viel Wasser, als nach der Beschaffenheit des Sandes und der zu vermauernden Steine geradezu erforderlich ist, für die ganze Mörtelmasse, welche bereitet werden soll, in eine ganz gleichmäßige Masse durchgearbeitet werden. Diese Durcharbeitung des Kalkes in der Weise, daß später während des Sandzusatzes kein Wasser mehr zugegeben werden muß, und daß der Kalk ganz gleichmäßig erweicht und in dem zugesetzten Wasser vertheilt wird, ist die Grundbedingung bei der Mörtelbereitung. Gleichwol wird darauf nicht überall die nöthige Rücksicht genommen. Es wird noch häufig zur Mörtelbereitung eine gewöhnliche Hacke angewendet, mit welcher der Arbeiter den Kalk durchrührt — ganz ebenso wie beim Löschen des Kalkes, — ohne daß er bei diesem Umrühren die zähe Kalkmasse zugleich zerquetscht, wie es beim Grubenkalk geschehen muß, wenn die Masse gleichmäßig werden soll.

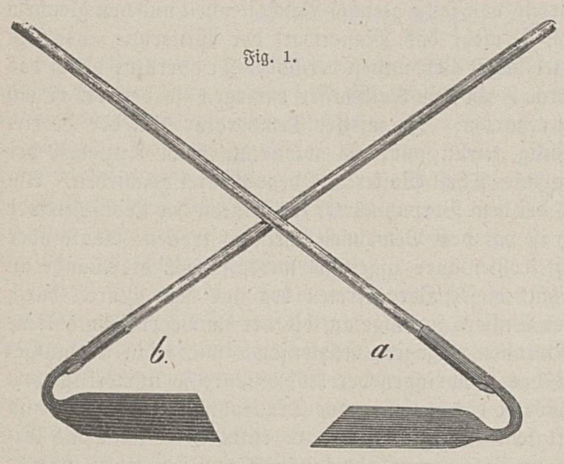


Fig. 1.

Am zweckmäßigsten wird der Mörtel in einem Breterkasten, der sogenannten Speißpfanne, durchgearbeitet, und es entspricht die in Fig. 1 abgebildete Hacke so vollständig den Anforderungen, welche man an ein Handwerksgeräthe für diesen Zweck stellen muß, daß sie zur allgemeinen Anwendung empfohlen werden kann. Der Arbeiter drückt mit der flachen Hacke nach der Stellung *a* auf die Kalkmasse von sich abwärts, dreht sodann die Hacke um so viel, daß die Fläche derselben senkrecht zu stehen kommt, und zieht in dieser Stellung die Hacke wieder gegen sich zurück. Durch diese einfache, bei jedem Zuge sich wiederholende Manipulation wird der Kalk abwechselnd gequetscht und durchschnitten, und bei jedem Zuge rückwärts wieder unter die Hacke gebracht.

Zu dieser Arbeit, welche Uebung erfordert und mit bedeutender Kraftanstrengung vorgenommen werden muß, kann freilich nicht jeder Tagelöhner verwendet werden; dagegen kann ein geübter und kräftiger Arbeiter, zu dessen Unterstützung ein Hülfsarbeiter das Einbringen des Kalkes und Wassers in die Pfanne, die Zugabe des Sandes und das Ausschöpfen des fertigen Mörtels mit besorgt, so viel Mörtel bereiten, als zwanzig Maurer zu verarbeiten im Stande sind.

Erscheint die Kalkmasse gleichmäßig verbreitet, so daß keine Kalkklumpen mehr darin enthalten sind, so wird der Sand nach und nach unter beständigem Durcharbeiten mit der Hacke, wobei der Hülfsarbeiter den Kalk und den Sand gleichmäßig vertheilt und unter die Hacke bringt, so lange zugesetzt, bis der Mörtel die richtige Mischung von Kalk und Sand hat.

Das Verhältniß des Sandzusatzes richtet sich einerseits nach der Gedeihungsfähigkeit des Kalkes, denn je fetter der Kalk an sich ist, um so mehr kann ihm Sand zugesetzt werden, andererseits aber auch nach der Beschaffenheit des Sandes, in Bezug auf die Größe und Form der Sandkörner. Je größer die Sandkörner sind, um so mehr Kalk ist erforderlich, um die Zwischenräume auszufüllen. Es wird demnach dem Kalke um so mehr Sand zugesetzt werden können, je feiner der Sand ist, und es wird eine Vermischung groben und feinen Sandes einen besser bindenden Mörtel geben, als grober Sand oder Kies allein.

Will man einen Sand in Bezug darauf, wie viel davon dem Kalke zugesetzt werden kann, um daraus guten Mörtel zu bereiten, prüfen, so füllt man ein Gefäß von einiger Größe, ein Faß oder eine Bütte, mit diesem Sande an und gießt dann so lange Wasser hinzu, bis das Wasser den Rand des Gefäßes erreicht. So viel Wasser nun vom Sande noch aufgenommen wurde, eben so viel verdünnter Kalkbrei ist zur Ausfüllung der Zwischenräume der Sandkörner erforderlich, und man wird nur noch etwa zwei Zehntheile mehr Kalk anzunehmen haben, weil der Kalk in breiartigem Zustande mit den Sandkörnern vermischt wird und durch das Umhüllen derselben mehr aufträgt.

Bei mittelfettem Kalke rechnet man gewöhnlich auf 1 cbm gelöschten Kalk 2 cbm Sand, und diese Mischung liefert nach fleißigem Durcharbeiten $2^2/_3$ cbm Mörtel.

Bei sehr fettem gelöschten Kalk kann auf 1 cbm Kalk ein Zusatz von 3 cbm Sand gerechnet werden, wovon die Mörtelmasse an und für sich $3^1/_2$ cbm beträgt.

Die Form der Sandkörner hat einen sehr wesentlichen Einfluß auf den Zusatz, indem runde Körner sich gegenseitig nur an einzelnen Punkten berühren und größere Zwischenräume lassen, als prismatisch geformte kantige Körner, welche sich bei fleißiger Durcharbeitung mit ihren Flächen an einander schließen und wenig Zwischenräume lassen. Aus diesem Grunde wird zur Mörtelbereitung derjenige Grubensand, welcher sich scharf anfühlt und beim Reiben in den Händen knirscht und keine Unreinlichkeit zurückläßt, dem Flußsande, welcher meist runde und glatte Körner hat, vorgezogen.

Kann der Sandzusatz nach dem Gesagten einigermaßen für jeden Kalk bestimmt werden, so richtet er sich auch noch ferner nach dem mehr oder weniger dünnflüssigen Zustande des Kalkbreies, indem zu dickem Kalkbrei weniger Sand genommen werden kann als zu dünnen, wenn alle Sandkörner vom Kalk umhüllt werden sollen. Nun wird in der Regel dem Kalke

mehr Wasser zugesetzt, als der Mörtel enthalten sollte, weil die Kalkmasse in dünnflüssigem Zustande leichter durchzuarbeiten ist. Die Folge davon ist, daß der in der dünnflüssigen Masse enthaltene Kalk nicht ausreicht, die sämmtlichen Sandkörner zu umhüllen, und daß die in der Mörtelmasse enthaltenen, nicht umhüllten Sandkörner die Verbindung unterbrechen und das Auseinanderfallen des Mörtels schon beim Erstarren veranlassen. Der Maurer nennt einen solchen Mörtel mager und erkennt die Magerkeit daran, daß der Mörtel von der Kelle leicht abgleitet, ohne einen schleimartigen Kalküberzug auf derselben zurückzulassen, während der fette Mörtel an der Kelle anklebt, nur langsam von ihr abgleitet und auf der glättesten Kelle einen zähen, schleimartigen Ueberzug von Kalk zurückläßt Ein guter Mörtel soll nur so viel Wasser enthalten, als er beim Erhärten zum Binden der Kalkerde bedarf. Da nun aber von dem in dem Mörtel enthaltenen Wasser ein Theil verdunstet und ebenso ein Theil von dem Steinmateriale eingesogen wird, so ist darauf Rücksicht zu nehmen. Feste Steine verlangen einen steifen Mörtel mit möglichst wenig Wasser bereitet, wogegen bei porösen Steinen ein weicher Mörtel angewendet werden muß, damit nach dem Einsaugen durch die Steine noch so viel Wasser in dem Mörtel zurückbleibt, als dieser zum Erhärten unbedingt enthalten muß. Bei nasser Witterung muß der Mörtel steif und bei großer Hitze dünn bereitet werden. Derselbe darf unter allen Umständen nicht zu schnell austrocknen, weil er dadurch das zur spätern Erhärtung erforderliche Wasser verliert. Deshalb müssen alle Steine, welche in trockenem Zustande dem Mörtel zu viel Wasser entziehen, vor dem Vermauern in Wasser eingetaucht oder damit genetzt werden.

Wenn wir bereits angeführt haben, daß nur reines Wasser zum Löschen des Kalkes genommen werden dürfe, so gilt dies in noch höherem Grade bei der Bereitung des Mörtels. Unreines Wasser theilt der Kalkerde Stoffe mit, welche das Erhärten des Mörtels verhindern, und es veranlaßt, wenn es Säuren enthält, nicht selten bei feuchten Mauern den Salpeterfraß. Der Sand muß rein von solchen Beimischungen sein, welche der Erhärtung des Mörtels im Wege stehen. Ganz reiner Quarzsand bindet langsam, weil die Kalkerde durchaus keine chemische Verbindung mit der Kieselerde auf nassem Wege eingeht. Quarzkörner sind in sehr altem Mörtel mit einer Kalkkruste überzogen und mit einander durch Kalk zusammengekittet; wird aber der Kalk durch Salzsäure aufgelöst, so zeigen sich die Quarzkörner unverändert und haben an ihrer Politur nichts verloren. Ist der scharfe Quarzsand durch Eisenoxyd gelb oder braun gefärbt, so bindet er viel schneller, und das Erhärten erfolgt eben so viel früher als beim weißen Quarzsande. Kieselerdiger Sand von porösen und festen Steinen ist brauchbar, wenn er rein von Staub und nachtheiligen Beimischungen ist.

---

b. Hydraulischer Mörtel.

Der hydraulische Mörtel ist entweder ein künstlicher oder ein natürlicher.

1) Der künstliche hydraulische Mörtel wird aus gemeinem Luftmörtel bereitet, indem man dem fetten Kalke außer Sand noch solche Stoffe zusetzt, welche diesem Kalke die Fähigkeit ertheilen, wie der hydraulische Kalk unter Wasser zu erhärten. Da der natürliche hydraulische Kalk außer der seine Hauptgrundlage bildenden Kalkerde in sehr verschiedenen Mischungsverhältnissen Thon-, Kiesel- und Bittererde und Eisenoxyd enthält, so besteht der Zusatz, welchen man dem fetten Kalke giebt, in solchen Stoffen, die ihm abgehen, um hydraulisch zu sein.

Da der gemeine Thon Kiesel- und Alaunerde sowie oft Eisenoxyd und, gebrannt, letzteres mit den übrigen Bestandtheilen chemisch verbunden enthält, so wird dem gemeinen Baukalke schon einige hydraulische Eigenschaft ertheilt, wenn man dei der Mörtelbereitung gestoßenes Ziegelmehl zusetzt. Eine gewöhnliche Mischung besteht aus 3 Theilen gelöschtem Kalk, 2 Theilen Ziegelmehl und 3 Theilen scharfem Sand. Der Kalk wird mit wenig Wasser durchgearbeitet, und der Sand, mit dem Ziegelmehl vorher innig vermengt, so lange mit der Hacke untergearbeitet, bis der Mörtel der Hacke widersteht, und sodann wird die Masse mit dem Stößer so lange durch einander gearbeitet, bis sich keine Kalktheilchen mehr zeigen. Ein schnell bindender Mörtel, zum Bewurf von Wasserbehältern und zu Mauerwerk im Feuchten sehr geeignet, besteht aus 2 Theilen gelöschtem Kalk, 3 Theilen Ziegelmehl, 3 Theilen scharfem Sand und 2 Theilen gemahlenem oder an der Luft zerfallenem ungelöschten Kalke. Der gelöschte Kalk wird mit dem Ziegelmehl und Sand zu einem gewöhnlichen, nicht sehr steifen Mauermörtel bereitet und der ungelöschte Kalk zuletzt unter kräftigem Schlagen mit dem Stößer zugesetzt, so daß dadurch erst dem Mörtel ein Theil seines überschüssigen Wassers entzogen wird. Dieser Mörtel bindet überaus schnell, muß aber unmittelbar nach der Bereitung verarbeitet werden.

Daß die Mischungen von Ziegelmehl und Sand je nach der Beschaffenheit des Kalkes sehr verschieden sein können, bedarf keines weitern Beweises, und müssen darüber in der Praxis Versuche entscheiden.

Hydraulischen Kalk aus fettem Kalke darzustellen, indem man gebrannten fetten Kalk an der Luft zerfallen läßt, unter Zusatz von Wasser dem Kalke Thon beimischt, daraus Kugeln formt und diese Kugeln nach erfolgtem Trocknen nochmals brennt, wird, so günstig die Resultate bei Versuchen im Kleinen immerhin sein mögen, bei der Ausführung im Großen wegen der großen Kostspieligkeit von keinem Vortheil sein. Die Natur bietet uns Stoffe dar, welche, zerstoßen dem gemeinen Kalk bei der Mörtelbereitung statt des Sandes zugesetzt, dem Mörtel die Eigenschaft geben, unter Wasser so schnell und so vollkommen zu erhärten, wie dies bei dem Mörtel von dem besten natürlichen hydraulischen Kalke kaum in höherem Grade der Fall ist.

Es sind dies die vulkanischen Traßgesteine.

Der Traß, ein vulkanischer Tuff, kommt in der Nähe ausgebrannter Vulkane vor, wo er in ganzen Lagern die Thäler ausfüllt oder wie ein halbflüssig gewesener Teig die Hügel und Berge umhüllt. Er bildet eine gelbliche, graue oder bräunliche poröse Schlacke, die häufig Bimsstein umschließt. Der vorzüglichste Traß Deutschlands kommt am Rheine, nahe bei Andernach, in dem Brohlthale vor, von wo er gemahlen, als Traßpulver, fernhin bezogen wird. Chemisch zerlegt enthält dieser Traß:

Kieselerde	48,94
Eisenoxyd	12,52
Thonerde	18,95
Kalkerde	5,41
Bittererde	2,42
Kali	0,37
Natron	3,56
Wasser mit Ammoniak	7,65

Wir theilen diese Analyse mit, um danach die Güte anderer Traßgesteine beurtheilen zu können. Die Bereitung des Traßmörtels geschieht auf die Weise, daß man frisch gelöschtem Kalk in so breiartigem Zustande, daß er kaum auf der Kelle bleibt, den gemahlenen Traß nach und nach zusetzt und die Masse mit dem Stößer so lange schlägt, bis sie einen gleichmäßigen kompakten Teig bildet, welcher keine einzelnen Körner mehr zeigt. Dabei darf kein Wasser zugesetzt werden. Ein derartiger, gut durchgearbeiteter Traßmörtel muß zähe sein und sich fett wie Butter anfühlen. Ein davon gefertigter Klumpen muß im Wasser innerhalb 24 Stunden eine Härte erlangen, daß er dem Drucke der Hand vollkommen widersteht. Er bindet am besten, wenn er noch am Tage der Bearbeitung verbraucht wird. Muß er bis zum nächsten Tage aufbewahrt werden, so muß dies in einem bedeckten Kasten geschehen, und es wird am andern Tage der Mörtel nochmals unter Zusatz von frischem Kalke und Traß geschlagen.

Damit der Traßmörtel beim Vermauern das zur Bindung nöthige Wasser nicht verliert, müssen die Steine vor dem Vermauern stark angenetzt werden.

Muß bei großen Bauausführungen Traßmörtel in Vorrath gehalten werden, so wird er am ersten Tage wie gewöhnlich, aber mit etwas Wasserzusatz, bereitet und auf einen Haufen gebracht. Am zweiten Tage wird der Haufen, jedoch ohne Wasser beizumischen, abermals durchgearbeitet und sodann wieder aufgesetzt. Am dritten Tage wird dann der Mörtel nochmals und zwar so lange durchgearbeitet, bis sich darin keine Körner mehr zeigen, dann aber schnell verbraucht. Wird der Traßmörtel im Freien angewendet, so erhärtet er innerhalb zwölf Stunden in hohem Grade, bekommt aber Risse und Sprünge, wenn das Mauerwerk nicht beständig benetzt wird. Unter Wasser dagegen erfolgt die Erhärtung in dem Grade, wie sie im

Freien innerhalb zwölf Stunden sich zeigt, erst nach drei bis vier Tagen; es zeigen sich aber weder Risse noch Sprünge.

Die Menge von Traß, welche, dem fetten Kalke zugesetzt, einen schnell bindenden und dabei in kurzer Zeit erhärtenden Wassermörtel liefert, ist nach der Beschaffenheit des Kalkes sehr verschieden. Zu viel Traß schadet der Festigkeit des Mörtels bei vielen Kalkarten, während durch einen Zusatz von scharfem Sande die Festigkeit und Härte des Mörtels gewinnt. Zu 100 Theilen Kalk 150 Theile Sand und 50 Theile Traß giebt einen vorzüglichen, und zu 100 Theilen Kalk 175 Theile Sand und nur 25 Theile Traß giebt immerhin noch einen sehr guten Wassermörtel. Bei mageren Kalken muß der Sandzusatz geringer genommen werden, so daß oft zu 100 Theilen Kalk nur 75 Theile Sand und 25 Theile Traß erforderlich sind.

Zu den Traßgesteinen gehört auch die berühmte italienische Puzzolanerde, eine leicht zerreibliche und poröse Schlacke, von aschgrauer, rothgrauer oder braungrauer Farbe, welche als Erde in alten Lavaströmen gefunden wird. Ebenso die Santorinerde, welche von der im griechischen Archipel liegenden Insel Santorin ihren Namen hat. Der Boden dieser Insel ist sehr hoch von dieser Erde bedeckt, welche in neuerer Zeit als ein vorzügliches Material, das die theure Puzzolanerde vollkommen ersetzt, von dort bezogen und zu den wichtigsten Wasserbauten an den Küsten des Adriatischen Meeres verwendet wird. Die Puzzolanerde hat die größte Aehnlichkeit mit dem Traß von Andernach in Bezug auf ihre Wirkung, den fetten Kalk hydraulisch zu machen, was sich daraus erklärt, daß sie beinahe gleiche Bestandtheile hat. Nach einer chemischen Analyse enthält die Puzzolanerde:

an Kieselerde	44,5
Eisen- und Titanoxyd	12,0
Thonerde	15,0
Kalkerde	8,8
Bittererde	4,7
Kali	1,4
Natron	4,1
Wasser	9,2

Die Porosität der Traßgesteine scheint einen nicht unwesentlichen Einfluß auf das Erhärten der damit hergestellten Wassermörtel zu haben. Für diese Annahme spricht die Erfahrung, welche man an Mörteln gemacht hat, denen Ziegelmehl beigemischt war. Das Ziegelmehl von leicht gebrannter lockerer Ziegelmasse veranlaßte ein viel schnelleres Erhärten des Mörtels, als dies bei hartgebrannter Ziegelmasse von festem, steinartigem Gefüge der Fall war.

2) **Der natürliche hydraulische Mörtel** wird aus denjenigen gebrannten Kalksteinen bereitet, welche keines weitern Zusatzes bei der Bereitung des Mörtels bedürfen, um unter Wasser zu erhärten. Es sind dies diejenigen mageren Kalke, welche außer ihrem Grundbestandtheile, der Kalkerde,

noch Kieselerde, Thonerde, Bittererde und Oxyde enthalten. Da diese Bestandtheile in sehr verschiedenen Mischungsverhältnissen in den Kalksteinen vorkommen, so tritt auch die hydraulische Eigenschaft des gebrannten Kalksteins sehr verschieden auf. Sicher ist aber, daß das Brennen einen bedeutenden Einfluß auf die chemische Verbindung der Bestandtheile des Kalkes hat und daß selbst durch das Brennen allein, je nach den Graden der Hitze und nach der Dauer der Brennzeit, demselben Kalk eine sehr verschiedene hydraulische Eigenschaft gegeben werden kann.

Die unter den Namen Cemente bekannten hydraulischen Kalke sind die kräftigsten; sie werden entweder für sich allein zu Mörtel bereitet oder anderen schwächeren Kalken zugesetzt. Ohne Zusatz von Sand, nur mit Wasser zu einem steifen Mörtel unter kräftigem Schlagen zubereitet, erhärten die guten Cemente unter Wasser in der kürzesten Zeit, so daß der Mörtel selbst durch Wellenschlag nicht abgespült wird. Durch Sandzusatz wird das Erhärten verzögert, die Festigkeit aber wird dadurch in den meisten Fällen vermehrt.

Der unter dem Namen Romancement bekannte englische Cement besteht aus 55,4 Theilen Kalkerde, 36,0 Theilen kieselhaltiger Thonerde und 6 Theilen Eisenoxyd. Nach diesen Mischungsverhältnissen können zu 6 Theilen Cement 4 Theile Sand zugesetzt werden, ohne daß er an seiner hydraulischen Eigenschaft viel verliert. Der Pariser Cement enthält 54,0 Theile Kalkerde, 31,0 kieselhaltige Thonerde und 15,0 Eisenoxyd, verträgt sonach einen ähnlichen Sandzusatz wie der vorgenannte Cement.

Der Portlandcement ist anerkannt der vorzüglichste. Dieser steinfarbige Cement soll an der Luft, in Frost und Hitze unveränderlich sein und muß nicht, wie die meisten anderen Cemente, gleich verbraucht, sondern kann längere Zeit vor der Verwendung aufbewahrt werden. Wir theilen in Folgendem die Resultate der am 18. und 26. September 1848 mit diesem Cement in Gegenwart von Technikern angestellten öffentlichen Versuche mit.

Nach Fig. 2 wurde ein von drei auf einander liegenden Backsteinschichten gebildeter Balken am 27. Tage nach der Ausführung in der Mitte der 1,25 m weiten Oeffnung, welche durch diesen mit reinem Cement vermauerten Balken überdeckt war, belastet. Bei einem Gewichte von 2900 kg brach der Balken. Der an zwei Stellen erfolgte Bruch ging durch die Backsteine, und das Bruchstück bestand aus einem ganzen Backsteine und aus den Splittern von 4 Backsteinen, die noch unter sich vollkommen durch den zu Stein gewordenen Cement verbunden waren. Ein gleicher Balken, mit drei Theilen Sand und einem Theil Cement gemauert, erhielt bei einer Belastung von 2350 kg theilweise einen Bruch, brach aber erst nach mehreren Schlägen mit dem Schmiedehammer völlig entzwei. Bei fünf Theilen Sand und einem Theile Cement trug ein gleicher Balken noch 1550 kg, bevor er brach, während bei der Vermauerung des Balkens mit Romancement, welchem ein Theil Sand zugesetzt war, der Balken schon mit 1450 kg brach.

Nach Fig. 3 wurden 16 Backsteine mit Mörtel von Portlandcement und Sand zu gleichen Theilen zusammengekittet. Dieser Steinbalken, an beiden Enden unterstützt, trug in der Mitte eine Last von 750 kg, bevor er brach.

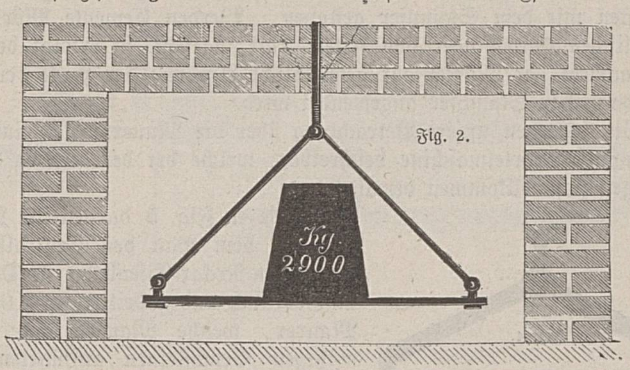


Fig. 2.

Die große Bindekraft des Portlandcements ergab sich aus nachfolgendem Versuche nach Fig. 4. Zwei Stücke von dem besten Portlandsteine, welcher an Festigkeit dem Kieselsandstein nahe steht, 50 cm lang und 22 cm breit und hoch, waren mit Patent-Portlandcement zusammengekittet worden und hatten 28 Tage gestanden; beim Anhängen von 1900 kg brach der obere Stein oberhalb des Cements, nicht aber der Cement selbst.

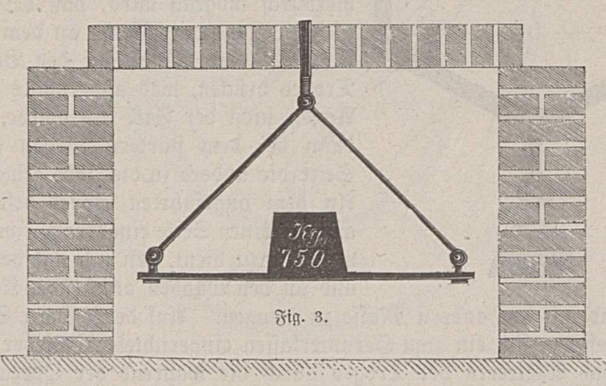


Fig. 3.

Zwei Portlandsteine von denselben Dimensionen waren mit Romancement verkittet worden und hatten eben so lange gestanden; der untere Stein fiel hierbei schon ab, bevor ein Gewicht daran gehängt war, da die Bindekraft des Romancements geringer war als das Gewicht des Steines.

Der Portlandcement zeichnet sich durch seine Festigkeit nicht weniger als auch dadurch als ein vorzügliches Material aus, daß er der Witterung und dem Froste widersteht. Er soll noch einen vorzüglichen Verputzmörtel

— Wetterstück — liefern, wenn zu einem Theile Cement sechs Theile Sand zugesetzt werden.

Alle Cementmörtel verlangen eine kräftige Durcharbeitung und werden am besten mit dem Stampfer gestoßen. Werden Cemente Mörteln von hydraulischen Kalken oder von fettem Kalk zugesetzt, so erfolgt der Zusatz erst, nachdem der Mörtel auf gewöhnliche Art mit der Hacke bereitet ist, wobei dann der Stampfer angewendet wird.

Wir schließen unsere Betrachtung über die Mauermörtel, indem wir eine einfache Mörtelmaschine beschreiben, welche bei bedeutenden Bauausführungen sich vollkommen bewährt hat.

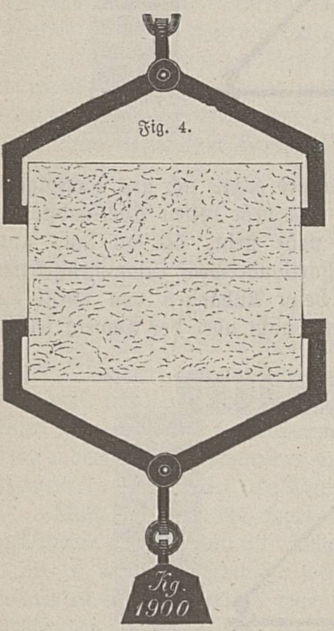


Fig. 4.

Diese in Fig. 5 dargestellte Maschine war bei dem Bau des Centralbahnhofs der Main-Neckar-Eisenbahn in Darmstadt im Gebrauch und arbeitete für 100—160 Maurer, welche Mauern aus unregelmäßigen Bruchsteinen aufführten. Sie besteht der Hauptsache nach aus vier in einem kreisrunden Troge *a* laufenden Rädern *b*, welche ungleich lange Achsen haben, an denen sich Charniere *c* befinden. Diese Charniere sind mit die wichtigsten Erfordernisse der Maschine, indem es nur hierdurch möglich wird, daß bei dem ungleichen Zuge der Pferde an dem Göpel *d* doch alle vier Räder auf den Boden des Troges drücken, was andernfalls bei festen Achsen nicht der Fall sein würde, da alsdann bei dem stärkern Ziehen an einer Seite die andere in die Höhe gehen würde. An dem angeführten Göpel befindet sich auf der einen Seite eine Kratze *f* von Eisen, welche dazu dient, den sich auf dem Boden und an den Wänden ansetzenden Kalk abzukratzen und mit der andern Masse zu mengen. Auf der andern Seite des Göpels befindet sich ein zum Herunterlassen eingerichteter Schieber *e*, durch welchen das Ausleeren des Troges durch die während der Operation mit einer Thür versehene Oeffnung *g* geschieht. Der Mörtel fällt alsdann auf die Rutsche *h*, von wo derselbe durch die Handlanger abgeholt wird.

Die Bereitung des Mörtels geschieht auf folgende Weise: Es wird nämlich zuerst der hierzu nöthige Kalk in den Trog eingeschüttet und sodann so viel Wasser zugelassen, als für den Mörtel erfahrungsgemäß erforderlich ist. Ist dies geschehen und der Kalk etwas gleichmäßig im Troge ausgebreitet, so läßt man die Pferde so viele Umgänge machen, als zur

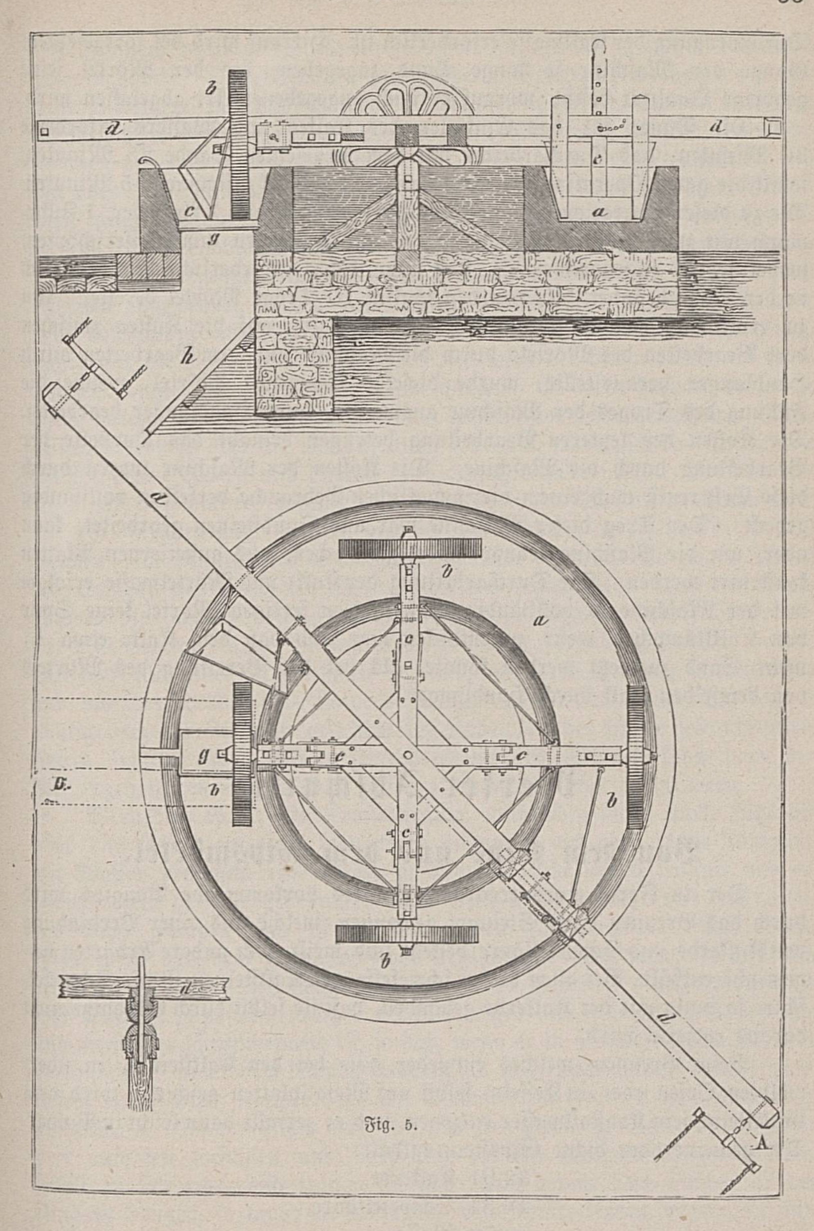


Fig. 5.

Durchmengung der Kalkmasse erforderlich ist. Hierauf wird bei fortgesetztem Gange der Maschine so lange Sand zugegeben, bis der Mörtel seine gehörige Qualität besitzt, worauf er nach angegebener Art abgelassen wird.

Die Dauer für das Einfüllen des Kalkes und Wassers erforderte 30 Minuten, das Durcharbeiten mit dem beigesetzten Sande 25 Minuten, somit die ganze Operation für einen Trog voll Mörtel zusammen 55 Minuten. Die zu dieser Operation nöthige Mannschaft bestand aus 1 Aufseher, 1 Fuhrmann mit zwei Pferden, 4 Handlangern und 1 Jungen zum Wasserschöpfen, wobei jedoch angenommen ist, daß sämmtliches erforderliche Material sich in der Nähe befindet. Es wurden täglich 10 Tröge Mörtel bereitet. Um zu ermitteln, welches Verhältniß sich in Bezug auf die Kosten zwischen dem Bearbeiten des Mörtels durch die Maschine und dem Bearbeiten durch Handlanger herausstellte, wurde dieselbe Quantität Mörtel, welche die Füllung des Troges der Maschine ausmachte, durch Handlanger bearbeitet. Die Kosten der letzteren Bearbeitung betrugen beinahe das Doppelte der Bearbeitung durch die Maschine. Die Kosten der Maschine waren durch diese Ersparniß nach einem viermonatlichen Gebrauche derselben vollständig gedeckt. Der Trog dieser Maschine war aus Sandsteinen gearbeitet, kann aber, um die Maschine transportabel zu machen, aus gußeisernen Platten konstruirt werden. Die Durcharbeitung der Kalk- und Mörtelmasse erfolgte mit der Maschine so vollständig, daß in dem fertigen Mörtel keine Spur von Kalkklümpchen mehr zu entdecken war und daß dem Kalke etwa $^1/_4$ mehr Sand zugesetzt werden konnte, als bei der Bereitung des Mörtels von demselben Kalk durch Handlanger.

Vierter Abschnitt.

Von dem Gips und dem Gipsmörtel.

Der in Form eines trockenen Pulvers vorkommende Baugips wird durch das Brennen einer Steinart gewonnen, welche aus einer Verbindung von Kalkerde und Schwefelsäure besteht und meist noch andere Erdarten beigemischt enthält. Bei allen diesen schwefelsauren Kalksteinen ist die Schwefelsäure so innig mit der Kalkerde gebunden, daß sie selbst durch Glühhitze nicht daraus entfernt wird.

Beim Brennen, welches entweder, wie bei den Kalksteinen, in überwölbten Oefen oder in Kesseln, selbst auf Metallplatten geschieht, wird dem Gipssteine sein Krystallwasser entzogen, und er zerfällt dann leicht in Pulver. Der gemeine oder dichte Gipsstein enthält:

32,91 Kalkerde,
46,31 Schwefelsäure,
20,78 Wasser;

er muß sonach, wenn er vollständig gebrannt ist, beinahe $^1/_4$ seines Gewichtes verloren haben. Beim Brennen des gröberen Baugipses werden die Gipssteine in kleinere Stücke zerschlagen, in den Ofen eingesetzt, und erst nach dem Brennen wird derselbe gemahlen. Der feine Gips wird als Stein vor dem Brennen pulverisirt und als Pulver in Kesseln oder auf Metallplatten erhitzt oder gebrannt. Erfahrungsgemäß verliert der Gips an seiner Bindekraft, wenn ihm durchs Brennen sein Krystallwasser vollständig entzogen ist. Er soll am besten binden und am schnellsten erhärten, wenn er noch beinahe $^1/_4$ seines Wassergehaltes hat. Es darf hiernach nur derjenige Hitzegrad beim Brennen angewendet werden, bei welchem das Wasser nur zum Theil, aber nicht vollständig entweicht. Da nun in Brennöfen die Hitze nicht gleichmäßig auf die eingesetzten Steine wirkt, so wird der darin gebrannte Gips von sehr ungleicher Beschaffenheit sein müssen. Es wird deshalb derjenige Gips, welcher schnell erhärten soll, von gestampften oder gemahlenen Gipssteinen in Kesseln oder auf Metallplatten gebrannt, wobei sich das Entweichen des Wassers erkennen und danach die Heizung reguliren läßt. Bei dem Erhitzen des Gipspulvers beginnt das Entweichen des Wassers in Dampfform mit 100 Graden nach Celsius, und bei Vermehrung der Hitze bis zu 133 Graden nach Celsius wird es vollständig daraus entfernt. Es zeigen sich bei dem Erhitzen des durch Umrühren in gleicher Temperatur erhaltenen Gipspulvers die nämlichen Erscheinungen wie beim Erhitzen von Flüssigkeiten; mit 100 Graden beginnt es nämlich aufzuwallen, förmlich zu kochen. Sobald nun das Aufwallen abzunehmen beginnt, wird die Heizung unterbrochen und die Temperatur des Pulvers gleichzeitig dadurch erniedrigt, daß es tüchtig umgearbeitet oder aus dem Kessel oder von der Platte gebracht wird. Durch frühere oder spätere Unterbrechung des Kochens kann man den Wassergehalt des Gipses ganz beliebig vermehren oder vermindern.

Wird dem Gipse sein Krystallwasser vollständig durch starke Hitze bis über 133 Grade entzogen, so bäckt er zusammen und verliert die Fähigkeit, mit Wasser vermischt eine Masse zu bilden, welche schnell trocknet und erhärtet. Ein zu stark gebrannter Gips wird deshalb auch todt gebrannter Gips genannt und ist zu Bauzwecken unbrauchbar. Der reinste Gips wird aus dem Alabaster oder Urgipssteine gewonnen, welcher eine reine weiße Farbe hat höchst feinkörnig und zuweilen durchscheinend ist. Der spathige Gipsstein, welcher ein blätteriges und glänzendes Gefüge hat und meist sehr durchscheinend ist, so daß, wenn er in großen dünnen Blättern vorkommt, er unter dem Namen Frauenglas zu Fensterscheiben benutzt wird, liefert einen Gips, welcher dem von Alabaster an Feinheit und Güte nicht nachsteht. — Reiner Gips muß sich, in der Hand gedrückt und gerieben, zart und fett anfühlen und darf nicht an den Fingern hängen bleiben. Fühlt er sich rauh und trocken an und bleibt davon beim Reiben an den Fingern hängen, so taugt er deswegen, weil fremde Erden beigemischt sind, nicht viel und ist dann nur zu gröberen Arbeiten verwendbar.

Da der gebrannte Gips eine große Neigung und Fähigkeit hat, das durchs Brennen ihm entzogene Krystallwasser wieder anzuziehen, so muß er nach dem Brennen baldmöglichst in luftdichte Gefäße, am besten in Fässer, verpackt und bis zur Verwendung in trockenen Räumen aufbewahrt werden.

Gipsmörtel. Wird das gebrannte Gipspulver mit Wasser angerührt, so bildet die breiartige Masse einen Mörtel, welcher sehr schnell trocknet und in kurzer Zeit eine Festigkeit und Härte erlangt, wie sie für manche Zwecke vollkommen ausreicht. Das Gipspulver nimmt durch das Zusetzen von Wasser an seinem Volumen nicht zu, wie dies bei dem Kalke der Fall ist, sondern fällt um mehr als ein Viertel seines frühern Rauminhaltes zusammen.

Was den Gips als Verbindungsmaterial ganz besonders empfiehlt, beruht auf dem Verhalten des mit Wasser angerührten Gipsmörtels, beim Erstarren und Erhärten sich auszudehnen, so daß er also nicht schwindet, wie der Kalkmörtel, und daß er, einmal erstarrt, die einmal angenommene Form und Größe beibehält.

Das Ausdehnen des Gipsmörtels bei dem mit Wärmeentwicklung stattfindenden Erstarren und Erhärten desselben macht ihn besonders geeignet zum Ausgießen von Steinfugen, zum Ziehen von Gesimsen, zur Herstellung von fugendichten Estrichböden, zum Vermauern bei leichten Gewölben und Sprengwänden sowie zu Verputz- und Stuckaturarbeiten.

Im Feuchten trocknet der Gips nie aus und verliert mit der Zeit seine bindende Kraft vollständig. Er ist deshalb nur im Trockenen anwendbar. Kommt der Gipsmörtel mit Eisen in Berührung, so wirkt er durch die darin enthaltene Schwefelsäure zerstörend auf dasselbe ein, und die Zerstörung greift um so mehr um sich, je länger das vollkommene Austrocknen des Gipsmörtels verhindert wird. Daher die nicht seltene Erscheinung, daß mit Gipsmörtel in feuchten Räumen verputzte Decken oder gezogene Gesimse, infolge der durch den Rost zerfressenen Drähte und Nägel, sich im Ganzen lostrennen und herabfallen.

Da das Gipspulver sich mit dem Wasser sehr schnell verbindet, so muß bei dem Anrühren des Gipsmörtels darauf gesehen werden, daß die Quantität des Wassers in einem richtigen Verhältniß zu der beizusetzenden Quantität Gipspulver steht. Wird einem bereits angerührten Gipsbrei nochmals Wasser zugesetzt, so verliert der Gips seine Bindekraft, trocknet sehr langsam und ungleich und erlangt nie eine große Härte. Es ist weniger nachtheilig, wenn einem zu dünnen Gipsbrei später noch Gipspulver zugesetzt wird, doch geht das Erstarren eines solchen Mörtels sehr ungleich von statten, was unter allen Umständen die Festigkeit vermindert. Das Verhältniß des Wasserzusatzes ist nach der Beschaffenheit des Gipses verschieden und muß, wie bei dem Kalkmörtel, für jede Gipsart ermittelt werden; doch ist im Allgemeinen anzunehmen, daß zu 2 Theilen Gipspulver 1 Theil Wasser, dem Rauminhalte nach genommen, der Gipsmörtel die richtige Beschaffenheit zum Eingießen von Eisen und zum Vermauern hat.

Das Erstarren des nur mit Wasser angerührten Gipsbreies erfolgt schon bei der Durcharbeitung, sodaß er sofort nach dem Anrühren verbraucht werden muß. Der einmal erstarrte Gips wird zu weiterer Verwendung durch Hinzuthun von Wasser völlig unbrauchbar. Da nun das schnelle Erstarren der Verwendung des Gipses zu Mauer- oder Verputzmörtel gerade entgegensteht, so ergiebt sich daraus von selbst, daß er zu diesem Zwecke mit einem Material gemischt verarbeitet werden muß, welches das zu schnelle Erstarren des Gipsmörtels verhindert. Dieses Material ist der frisch gelöschte Kalk oder ein fetter Kalkmörtel.

Zum rauhen Verputz und zum Vermauern wird zu drei Theilen Kalkmörtel ein Theil Gipsmörtel — mit Wasser angerührter Gips — zugesetzt. Bei dieser Mischung wird das Schwinden des Kalkmörtels durch die Ausdehnung des Gipsmörtels aufgehoben, und es entstehen deshalb beim Trocknen und Erhärten des Verputzes keine Risse und Sprünge. Zu einem sehr schnell trocknenden Anwurf wird dem Gipsbrei nur reiner Quarzsand zugesetzt, und zwar rechnet man gewöhnlich zu 2 Theilen Gipspulver 1 Theil Sand. Dieser Anwurf kann in bedeutender Stärke aufgetragen werden, ohne zu reißen, und ist, da er sehr schnell trocknet, besonders geeignet zu dem Kern der Gesimse und zur Verbindung mit dem Draht und den Nägeln bei dem Verputzen von Holzwänden oder Decken.

Zu dem Ziehen von Gesimsen bedient man sich des Gipsstucks, welcher aus 3 Theilen frisch gelöschtem Kalk, 1 Theil feinem Sand und 4 Theilen Gipsmörtel besteht. Diese Masse trocknet sehr langsam, und wenn sie deshalb besonders zum Ziehen von Gesimsgliedern und zum Ausarbeiten von Ornamenten geeignet ist, so ist sie dagegen zum starken Auftragen nicht anwendbar.

Der Zusatz von Sand giebt dem Gipsstucke eine größere Festigkeit, kann aber füglich wegfallen, wenn die Schärfe und Glätte der Gesimsprofile darunter leidet. Ohne Sand wird dann der Mörtel aus gleichen Theilen von frisch gelöschtem Kalk und Gips bereitet.

Unter Gips-Weißstuck versteht man den feinen, aus 2 Theilen Weißkalk und 1 Theil Mörtel von feinem Gips bestehenden, gemischten Mörtel, welcher bei dem Verputzen zuletzt dünn aufgetragen und glatt gerieben wird. Wird diesem Mörtel Leimwasser zugesetzt, so erlangt er eine so große Härte, daß er nach erfolgtem Trocknen geschliffen und polirt werden kann.

Wir würden uns mit den verschiedenen Gipsmörteln nicht beschäftigt haben, wenn nicht in einigen Theilen unseres Vaterlandes das Verputzen und Tünchen zu den Arbeiten des Maurers gehörte.

Fünfter Abschnitt.

Von dem Baugrunde.

Die Festigkeit und Dauer aller Bauwerke hängt vor Allem davon ab, daß der Grund, worauf sie errichtet werden, im Stande ist, der Belastung so zu widerstehen, daß keine für das Mauerwerk nachtheilige Einsenkung erfolgt. Der beste Baugrund wird hiernach ohne Zweifel derjenige sein, welcher durch die Last des Bauwerkes nicht die mindeste Zusammendrückung erleidet. Da nun ein Baugrund für ein leichtes Bauwerk ein ausreichend fester sein kann, während er für ein schweres Bauwerk eine ungenügende Festigkeit hat und von der größeren Last zusammengepreßt wird, so ergiebt sich daraus, daß bei der Beurtheilung der Güte eines Baugrundes die Schwere der darauf zu errichtenden Bauwerke allein entscheidet. Bei einer gleichmäßigen Beschaffenheit des Baugrundes nach der ganzen Ausdehnung des Bauwerkes und bei einer gleichmäßigen Vertheilung der Last kann das Zusammenpressen des Baugrundes deswegen ohne Nachtheil für das Bauwerk erfolgen, weil bei einem gleichmäßigen Senken des Mauerwerkes kein Trennen desselben veranlaßt wird. Bei ungleicher Belastung wird ein ungleiches Zusammenpressen des Baugrundes und infolge dessen ein gewaltsames Trennen des Mauerwerkes eintreten müssen. Wie bei ungleicher Belastung, so können auch durch eine ungleiche Festigkeit des Baugrundes, wenn derselbe an verschiedenen Stellen und oft in geringer Entfernung an Dichtigkeit ab- oder zunimmt, Trennungen im Mauerwerk herbeigeführt werden. Bei freier Wahl der Baustelle ist solch ein wechselnder Baugrund zu meiden, bei bestimmter Baustelle aber ist durch zweckentsprechende Konstruktion des Grundbaues den nachtheiligen Folgen der ungleichen Festigkeit des Baugrundes vorzubeugen.

Unterscheiden wir den Baugrund nach dem Widerstande, welchen er der Belastung durch ein Bauwerk entgegengesetzt, so werden wir füglich vier Klassen von Baugrund annehmen können.

Die erste Klasse begreift die absolut festen Felsarten, welche der Belastung vollkommen widerstehen und keinen Eindruck erleiden. Diese festen Fels- oder Bodenarten können nicht gegraben, müssen vielmehr durch die Spitzhaue bearbeitet oder gesprengt werden.

Die zweite Klasse begreift die kiesigen und diejenigen festen Sandbodenarten, welche in abgeschlossenem Raume als nicht zusammenpreßbar angenommen werden können.

Die dritte Klasse begreift diejenigen Bodenarten, welche einer Zusammenpressung fähig sind, ohne bei der Belastung seitlich auszuweichen. Dazu gehören der Thon und der Lehm, die Pflanzenerde, und torfhaltige Erdarten.

Die vierte Klasse begreift diejenigen zusammenpreßbaren Bodenarten, welche beim Zusammenpressen zugleich seitlich ausweichen. Zu diesem schlechtesten Baugrunde ist der Torf-, Morast- und der Ausfüllboden zu zählen.

Da nun verschiedene Bodenarten mit einander abwechselnd und dabei auch in Schichten von verschiedener Mächtigkeit an einer und derselben Baustelle vorkommen können, so kann eine genaue Untersuchung des Baugrundes in allen den Fällen nicht umgangen werden, wo die Beschaffenheit desselben nicht bereits für Bauwerke ähnlicher Art genau ermittelt und bekannt ist. Von nahegelegenen baulichen Anlagen auf andere neu auszuführende zu schließen ist man aber nur dann berechtigt, wenn die Bildung der Erdschichten in weiterer Umgebung eine regelmäßige ist und wenn an der neuen Baustelle erfahrungsgemäß eine gleiche Beschaffenheit des Bodens angenommen werden kann. Sobald bei dem Ausgraben der Fundamente bei gleicher Tiefe die Beschaffenheit des Bodens an verschiedenen Stellen eine andere erscheint, tritt die Nothwendigkeit ein, den Baugrund nach der ganzen Ausdehnung des Bauwerkes gründlich zu untersuchen.

Die Untersuchung des Baugrundes. Ist ein Baugrund trocken, so kann derselbe in Bezug auf die Mächtigkeit und die Beschaffenheit der Erdschichten am einfachsten durch das Ausgraben von brunnenartigen Vertiefungen untersucht werden. Diese Brunnen werden an den wichtigsten Punkten des zu errichtenden Bauwerkes, namentlich an den Hauptecken, so tief ausgegraben, als es zur richtigen Beurtheilung des Baugrundes erforderlich erscheint.

Bei wässerigem Baugrunde wird der Grund bis auf den Wasserspiegel ausgegraben, und von da abwärts die Untersuchung durch das Ausbohren des Grundes fortgesetzt. Man bedient sich nun zu diesen Bohrversuchen verschieden geformter Bohrer, welche an 2 bis 3 cm starke Eisenstäbe geschweißt oder genietet sind und durch Zwischenstücke von derselben Stärke mit dem obern oder Kopfstücke, an welchem der zum Umdrehen des Bohrers erforderliche Hebelarm angebracht ist, verbunden werden. Die verschiedenen Theile zusammen werden das Bohrgestänge genannt. Wir geben in Fig. 6 vier Theile eines Bohrgestänges, und zwar stellt *A* das obere oder Kopfstück, *B* ein Zwischenstück, *C* einen Löffelbohrer und *D* einen Hohlbohrer dar. An dem Kopfstücke *A* befindet sich an dem obern Theile das Ohr oder die Oehre *a* mit der Oeffnung *d*, durch welche der zum Umdrehen erforderliche Hebelarm gesteckt wird, und an dem untern Theile ein verstärkter Ansatz *c* mit der Oeffnung *b* zur Aufnahme eines Zapfens, mit welchem der Bohrer oder ein Zwischenstück eingreift. Das Mittelstück *B* hat am obern Theile einen verstärkten Ansatz mit dem Zapfen *m*, welcher in die Oeffnung *b* des Kopfstücks paßt und zum Durchstecken eines Bolzens, wie der verstärkte Ansatz *c*, ein Bohrloch hat. Wie der obere Theil des Mittelstücks *B* mit dem untern Theile des Kopfstücks *A* verbunden ist, so ist auch die Verbindung des untern Ansatzes des Mittelstücks *B* mit dem obern Ansatze des Löffelbohrers *C* dieselbe; sie wiederholt sich bei allen Zusammensetzungen des durch Zwischenstücke

verlängerten Gestänges, und es sind deshalb die gleichen Verbindungstheile mit gleichen Buchstaben bezeichnet. Der Löffelbohrer *C* eignet sich zum Durchbohren von Sand- und lockerem Boden, während der Hohlbohrer *D* zum Durchbohren von Thon oder Lehm angewendet wird.

Es leuchtet ein, daß weder mit dem Löffelbohrer noch mit dem Hohlbohrer das durchbrochene Erdreich beim Herausziehen zusammengehalten werden kann, wenn das Bohrloch mit Wasser angefüllt ist. Da nun die Beschaffenheit und die Mächtigkeit der durchbohrten Erdschichten nur aus der Tiefe des Bohrlochs und aus der mit dem Bohrer für jede entsprechende Tiefe herausgebrachten Erde beurtheilt werden kann, so muß zum Herausbringen der Erde, selbst durch ein mit Wasser angefülltes Bohrloch, ein zweckentsprechender Bohrer angewendet werden.

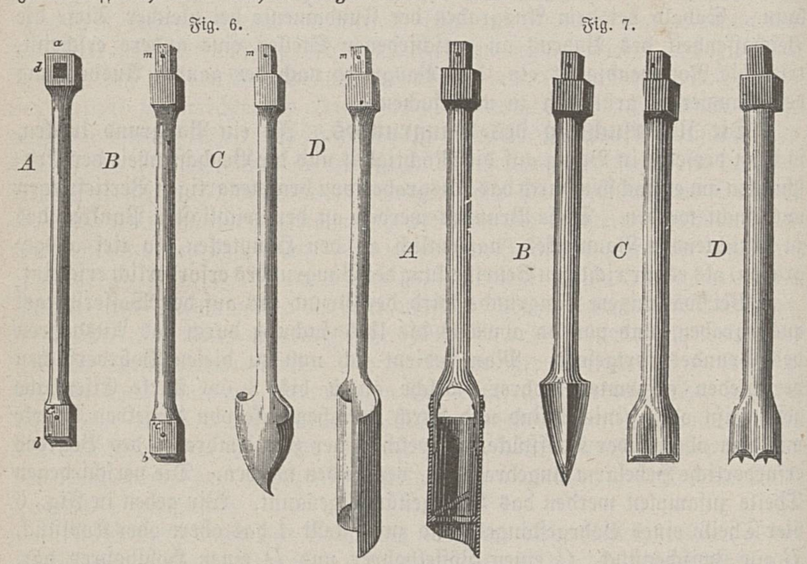


Fig. 6. Fig. 7.

Von den in Fig. 7 dargestellten Bohrern ist es der Ventilbohrer *A*, welcher diesem Zwecke entspricht. An einer Gabel *a* der Bohrstange befindet sich die im Durchschnitte bezeichnete Hülse *b*, als Hohlbohrer geformt. Zunächst der am untern Theile der Hülse angebrachten Bohrwindung befindet sich in der Hülse ein vortretender Rand, so daß durch diesen die Oeffnung kleiner wird. Diese Oeffnung wird durch eine mit Charnier versehene Klappe geschlossen. Wird nun der Bohrer in Thätigkeit gesetzt, so wird die Klappe von der aufgebohrten Erde gehoben, und die Hülse füllt sich an; beim Herausziehen des Bohrers aber wird durch den Druck der in der Hülse befindlichen Erde die Klappe geschlossen, und der Inhalt der Hülse wird, selbst durch ein mit Wasser angefülltes Bohrloch, zu Tage gefördert.

Zum Durchstoßen von Geröllschichten dient der Stoß- und Keilbohrer *B*, welcher wie ein Pfahleisen geformt ist und auch wie dieses angewendet wird. Von den zum Durchbohren von festem Gestein geeigneten Bohrern geben wir in *C* den vierschneidigen Kronbohrer und in *D* den Kronbohrer mit fünf Spitzen, welche, wie der Stoß- und Keilbohrer, durch Niederfallen wirken und bei jedem Stoße etwas gedreht werden. Das Heben der Bohrgestänge wird über einen Haspel vermittels eines Seiles vorgenommen, welches über eine senkrecht über dem Bohrloch angebrachte Rolle läuft. Das Gestelle für Rolle und Haspel besteht in der Regel aus dem bekannten Dreifuß. Hat das Bohrloch eine solche Tiefe erlangt, daß der Dreifuß zum Ausbringen des Bohrers nicht mehr ausreicht, so bedient man sich eines Bohrgerüstes mit einer Hebelvorrichtung.

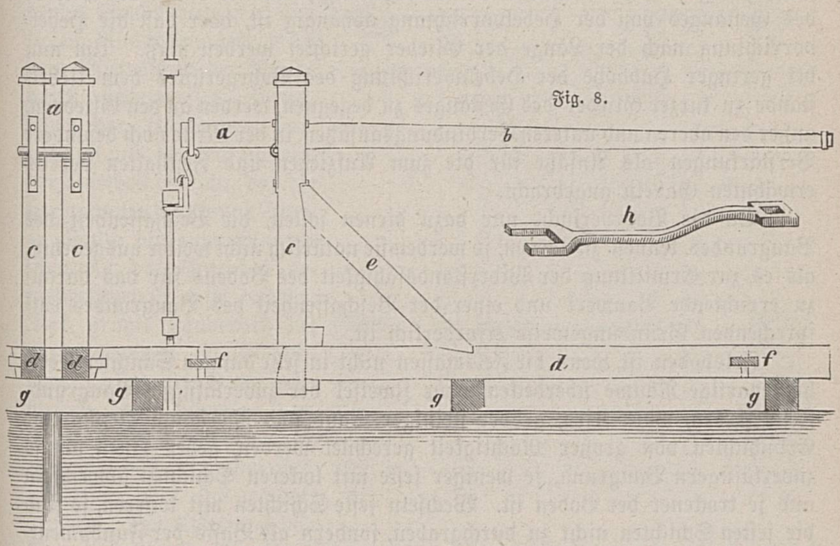


Fig. 8.

Wir geben in Fig. 8 ein solches Bohrgerüste von Holz, welches mit Leichtigkeit aufgestellt und wieder aus einander genommen werden kann. Der zweiarmige Hebel, mit dem kurzen Lastarme *a* nach der zu hebenden Bohrstange gerichtet, bewegt sich auf einem Zapfen, welcher zwei an die senkrechten Pfosten *c* befestigte Lager hat. Jeder Stützpfosten *c* sitzt auf einer Schwelle *d*, ist mit dieser durch einen schwalbenschwanzförmigen Blattzapfen mit eingesetztem Keile verbunden und wird durch einen Bug auf der Seite des langen Kraftarmes *b* von dem Hebel in seiner senkrechten Stellung erhalten. Die beiden Schwellen *d* des Bohrgerüstes ruhen auf untergelegten Querschwellen *g* und sind durch zwei Querriegel *f* mit durchgehenden Blattzapfen und außen durchgetriebenen Keilen unter sich verbunden und aus einander gehalten.

Die Länge des Hebellastarmes a richtet sich nach der Länge der Glieder des zu hebenden Gestänges, da die Hubhöhe des Hebelarmes gleich sein muß der Länge eines Gliedes, damit nach jedem Hube die Stange an dem Verbindungsansatze festgehalten werden kann. Zum Festhalten der Stange ist an dem Hebel eine Gabel angehängt, welche die Stange unter dem Verbindungsansatze umschließt. Ist die Stange soweit gehoben, daß der nächste untere Verbindungsansatz über der Schwelle vorsteht, so wird von der Schwelle aus eine Gabel h, ähnlich einem offenen Schraubenschlüssel, unter dem Ansatze durchgesteckt und dadurch die Stange so lange festgehalten, bis der Haken des Hebelarmes oberhalb ausgelöst und zu einem weitern Hube an den über der Schwelle vorstehenden unteren Verbindungsansatz eingehängt ist.

Wir ersehen aus dieser vorbeschriebenen Manipulation mit der Hebelvorrichtung zum Herausziehen der Bohrgestänge, daß die Länge der Glieder des Gestänges von der Hebelvorrichtung abhängig ist, oder daß die Hebelvorrichtung nach der Länge der Glieder gerichtet werden muß. Um nun bei geringer Hubhöhe der Hebelvorrichtung des Bohrgerüstes dem Uebelstande zu kurzer Glieder des Gestänges zu begegnen, werden an den Gliedern, außer den oberen und unteren Verbindungsansätzen, in der Mitte noch besondere Verstärkungen als Ansätze für die zum Aufziehen und Festhalten bereits erwähnten Gabeln angebracht.

Da die Bohrversuche nur dazu dienen sollen, die Beschaffenheit des Baugrundes kennen zu lernen, so werden sie natürlich nicht weiter ausgedehnt, als es zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit des Bodens für das darauf zu errichtende Bauwerk und einer der Beschaffenheit des Baugrundes entsprechenden Gründungsweise erforderlich ist.

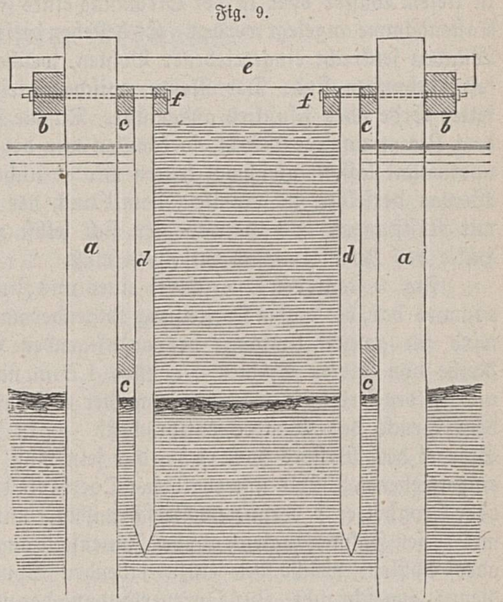
Felsboden ist, wenn die Felsmassen nicht in sehr dünnen Schichten leere, höhlenartige Räume überdecken, ohne Zweifel der zuverlässigste Baugrund. Feste Erden, wozu Kies, grober steiniger Sand und überhaupt gleichartige Erdschichten von großer Mächtigkeit gerechnet werden, geben einen um so zuverlässigern Baugrund, je weniger feste mit lockeren Schichten abwechseln und je trockener der Boden ist. Wechseln feste Schichten mit lockeren, so sind die festen Schichten nicht zu durchgraben, sondern als Basis der Fundamentmauern zu benutzen. Selbst feiner Sand kann als guter Baugrund betrachtet werden, wenn er in mächtigen Schichten vorkommt. Eine 1,5 bis 2 m mächtige Sandschicht ist hinlänglich, um darauf ohne Gefahr ein dreistöckiges Gebäude zu errichten. Lehm- oder Thonschichten sind in geringer Tiefe deswegen unzuverlässiger als trockene Erdarten, weil sie durch das von oben eindringende Wasser erweicht werden und im erweichten Zustande sich um so mehr zusammenpressen lassen, als sie seitlich ausweichen können.

Das Eindringen des Wassers ist selbst bei festen Erdarten sehr nachtheilig für die Gebäude, wenn starker Frost eintritt. Es sollten deshalb alle Fundamentmauern mindestens so tief angelegt werden, daß bei der größten Kälte die Bildung von Eis nicht bis zur Basis der Mauern dringen kann.

Eine Tiefe von 1 bis 1,5 m möchte ausreichend sein. — Der wässerige morastige Grund oder lockerer Ausfüllboden, Torf-, Trieb- oder Quellsand können als Baugrund, auf welchem unmittelbar Mauerwerk aufgeführt werden könnte, nicht betrachtet werden. Mit Sandschichten von einiger Mächtigkeit überdeckt, gewinnen diese sonst unzuverlässigen Bodenarten eine große Tragfähigkeit.

Das Grundgraben. Das Ausgraben des Baugrundes bietet bei festen, trockenen Bodenarten weniger Schwierigkeiten dar als bei lockerem oder wässerigem Boden. Bei Sandboden ist es besonders das Einrutschen der Grabenwände, was beim Ausgraben zu berücksichtigen ist. Die Wände der Fundamentgräben sollten bei Sandboden nie ohne Böschung ausgegraben werden, welche Böschungen um so flacher werden müssen, je trockener der auszugrabende Sandboden ist. Bei tiefen Ausgrabungen wird dem Einrutschen der Wände durch stufenweises Zurücksetzen der Böschungen vorgebeugt und dadurch zugleich der Vortheil erreicht, daß die horizontalen Bänke von Stufe zu Stufe die zum Hinausschaufeln des Grundes erforderlichen Gerüste ersetzen. Das größte Hinderniß bei Ausgrabungen ist Grund- oder Quellwasser. Das Quellwasser kann zuweilen verstopft, in der Regel aber muß es, wie das Grundwasser, abgeleitet oder ausgeschöpft werden. Die Ableitung von Grund- und Quellwasser ist nur dann ausführbar, wenn es, in einer Röhrenleitung oder einem Kanal an tiefer gelegene Orte abgeführt, freien Abzug findet und nicht wieder zurückstaut. Zum Ausschöpfen bedient man sich mit dem besten Erfolge der doppelt wirkenden Pumpe oder der Wasserschnecke — archimedischen Schraube — in seltenen Fällen und immer mit geringerem Erfolge der unter dem Namen Paternosterwerke bekannten Schöpfvorrichtungen. Um die Pumpen und Wasserschnecken ununterbrochen und ohne Störung für die beim Grundbau beschäftigten Arbeiter im Gange erhalten zu können, dürfen sie nicht innerhalb der Fundamentgräben, müssen vielmehr außerhalb derselben, in einiger Entfernung von den Fundamenten, in besonderen Schöpfbrunnen aufgestellt werden.

Fig. 9.



Gegen das Einrutschen der Wände werden Bohlen davor gestellt oder gelegt, und es werden diese Bohlen entweder durch Streben fest beigedrückt — gesprießt — oder bei tiefen Fundamenten durch vorgetriebene Pfähle gegen den Druck des Grundes gesichert. In wichtigen Fällen, wo nämlich durchaus kein Ausweichen der Fundamentgrabenwände stattfinden darf, werden Wände von neben einander eingetriebenen Pfählen oder starken Bohlen, sogenannte Spundwände, davor gesetzt. Bei der Gründung im Wasser wird die Baustelle mit Fangdämmen umschlossen, welche das Durchdringen des Wassers verhindern. Bei niederem Wasserstande und außerhalb der Strömung genügt es in der Regel, Dämme von fetter Erde um die Baustelle aufzuwerfen; in tiefem Wasser oder in der Strömung eines Flusses aber müssen sogenannte Kastendämme angelegt werden. Es bestehen diese Kastendämme aus parallelen Wänden senkrecht eingetriebener Bohlen, welche mit eingetriebenen Pfählen fest verbunden sind. Der Raum zwischen diesen Bohlenwänden wird mit fetter Erde oder Flußkies ausgefüllt. Da die Herstellung der Kastendämme dem Zimmermanne zusteht, so könnten wir die Konstruktion derselben ganz unerwähnt lassen; gleichwol halten wir es nicht für ungeeignet, mit einigen Worten derselben zu gedenken, damit auch der Maurer in Fällen der Noth mit Rüststangen und Gerüstbohlen sich selbst zu helfen wisse, wenn er die Hülfe des Zimmermanns entbehren muß.

Fig. 9 stellt den Querschnitt eines aus Zimmerholz gefertigten Kastendammes dar, bei dessen Herstellung folgendermaßen verfahren wird. Zuerst wird im ganzen Umfange des anzulegenden Kastendammes eine doppelte Reihe von starken Pfählen *aa*, etwa 1,5 m nach der Länge des Dammes, und in der Breite so weit von einander entfernt eingetrieben, als der Kasten, dem Drucke des Wassers entsprechend — in der Regel so breit als der Spiegel des Wassers hoch ist — dick sein muß. Sodann werden außen die eingetriebenen Pfähle unterhalb der Oberkante durch starke horizontale Holm- oder Kronhölzer *b* vermittels Verschraubung unter einander verbunden und mit diesen Holmen zugleich auf der Innenseite angelegte horizontale Riegel *cc*, oder Bohlen, welche den einzutreibenden Spundbohlen *d* zur Anlehnung dienen, angeschraubt. Zur Querverbindung der parallelen Pfahlreihen werden von drei zu drei Pfählen über die Holme Querriegel *e* aufgeblattet oder aufgeschraubt. Ist auf diese Weise die Umschließung des Kastens gesichert, so wird mit dem Eintreiben der Spundbohlen *d* vor die inneren Riegel *c* und *c* begonnen. Sind die Spundbohlen eingetrieben, so wird ein festes Anschließen derselben an die Pfähle durch innen aufgeschraubte Bohlen *ff* bewerkstelligt. Der innere Zwischenraum wird nun mit Thon, fetter Erde oder Flußkies bis über die Höhe des Wasserstandes ausgefüllt und alsdann zu dem Ausschöpfen des innerhalb der Kastendämme eingeschlossenen Wassers geschritten. Da das Ausschöpfen umdämmter Baustellen möglichst beschleunigt werden muß, so können außer der Wasserschnecke und der doppelt wirkenden Pumpe bei niederem Wasserstande auch noch Schöpfeimer mit Vortheil

angewendet werden. Auf etwa 1 m Höhe kann ein Arbeiter mit dem Eimer die Hälfte der Wassermasse ausbringen, welche er mit der Wasserschnecke auswirft. Da nun mit Eimern eine größere Anzahl Arbeiter angestellt werden kann, als bei Wasserschnecken und Pumpen, so verdient das Ausschöpfen mit Eimern bei niederem Wasserstande den Vorzug.

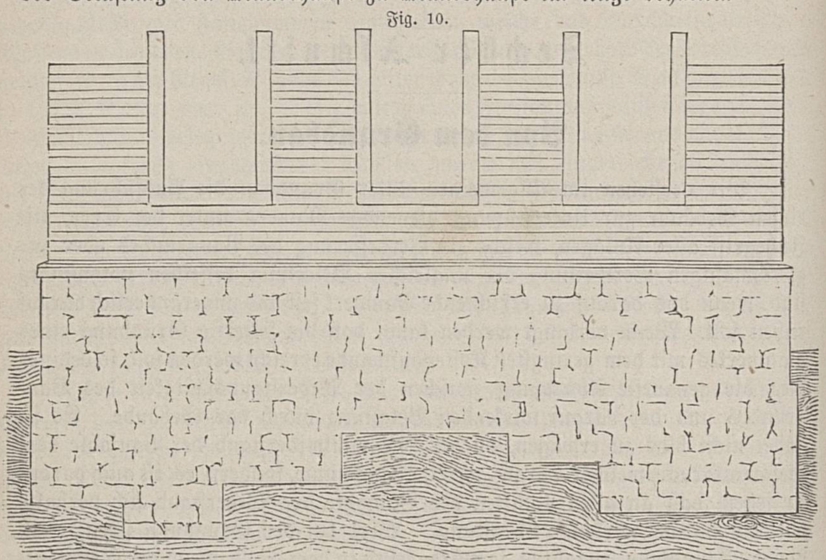
Sechster Aschnitt.

Von dem Grundbau.

Wir verstehen im Allgemeinen unter Grundbau die Ausführung der einem Gebäude zur Unterstützung dienenden Mauern unter der Erde, mit Inbegriff aller Anlagen, welche zur Verbesserung des Baugrundes oder zur gleichmäßigen Vertheilung der ungleichen Belastung desselben nothwendig sind, wenn das darauf zu errichtende Bauwerk fest und unveränderlich darauf ruhen soll. Wenn verlangt werden kann, daß die sicherste Gründung eines Bauwerkes mit dem geringsten Kostenaufwande erreicht werden soll, so bedingt dies die genaueste Abwägung zwischen der Widerstandsfähigkeit des Baugrundes und der darauf wirkenden Belastung durch das Gebäude. Es ist dabei nicht blos zu erwägen, ob der Gesammtwiderstand der Bausohle dem Gesammtdrucke, welcher darauf wirkt, gleichkomme, sondern es ist auch darauf zu sehen, daß an allen Punkten der Bausohle der Widerstand sich verhalte wie die darauf wirkende Belastung. Wird bei der Gründung streng nach diesem Grundsatze verfahren, so würde selbst in dem Falle, wenn der Gesammtwiderstand der Gesammtlast nachgeben, sonach das Gebäude im Ganzen sich setzen sollte, keine Trennung der Mauern zu befürchten sein. Theilweise Einsenkungen veranlassen unter allen Umständen Trennung des Mauerwerkes, und es ist die Aufgabe bei der Gründung, der Ungleichförmigkeit des Setzens durch geeignete Anwendung derjenigen Mittel zu begegnen, welche wir bei weiterer Betrachtung in diesem Abschnitte kennen lernen werden. Nicht selten haben die bei Bauwerken vorkommenden Trennungen weniger ihren Grund in der mangelnden Festigkeit des Baugrundes, als in der schlechten Beschaffenheit des Mauerwerkes an den Fundamenten. Wenn die Fundamentmauern dazu bestimmt sind, die ganze Last des Bauwerkes zu tragen, so bedarf es wol keines weiteren Beweises, daß sie mit festen, lagerhaften Steinen, einem gut bindenden und in der Erde erhärtenden Mörtel und mit sorgfältiger Berücksichtigung der Regeln für einen guten Verband ausgeführt werden müssen. Gleichwol finden wir nicht selten, aus übel angewendeter Sparsamkeit, zu den Fundamentmauern schlechteres Material als zu den Mauern über Erde verwendet, und der Maurer beeilt die Ausführung mit einer

Nachlässigkeit, welche mit der Stärke der Mauern zuzunehmen scheint. Die Wichtigkeit der Fundamentmauern erheischt aber eine sorgfältige, der Schwere des Bauwerkes entsprechende Wahl des Steinmaterials, einen gut bindenden und bei nassem Baugrunde selbst unter Wasser erhärtenden Mörtel, und der Maurer muß nicht blos den besten Verband durch die ganze Mauermasse zu erreichen suchen, sondern auch bei Mauerabsätzen das richtige Uebertragen der Belastung von Mauerhaupt zu Mauerhaupt im Auge behalten.

Fig. 10.



Die Standfähigkeit der Fundamentmauern hängt nächst ihrer Stärke davon ab, daß die Erdsohle, worauf sie errichtet werden sollen, sowol nach dem Längen= als auch nach dem Querprofile wagerecht ist. Kommen Fundamentmauern von verschiedener Tiefe vor, so wird senkrecht und immer in horizontalen Stufen abgetreppt, damit jeder einzelne Theil der Mauer einen gleichen Druck ausübt. Nur bei Futtermauern, deren Sohle an Bergabhängen in Felsboden eingehauen werden muß, kann eine Ausnahme von dieser Regel gestattet werden, indem man der Sohle im Querprofile eine Neigung gegen den Berg giebt, welche im rechten Winkel gegen die Böschung der Mauer gerichtet ist. Nach diesen Vorbemerkungen gehen wir zur Betrachtung der Gründungsarten über, welche nach der Beschaffenheit des Baugrundes geeignet sind, die Festigkeit der Bauwerke zu sichern.

1. **Gründung auf Felsboden.** Da der Felsboden bei der größten Belastung keinen Eindruck erleidet, so ist bei der Gründung darauf nur zu berücksichtigen, daß die Sohle der Fundamentmauern gegen die zerstörende Einwirkung des Frostes geschützt, d. h. wenigstens 1 m unter der Oberfläche

des Bodens ausgearbeitet ist. Bei bedeutenden Unebenheiten werden die Fundamente nach Fig. 10 in horizontalen Stufen mit senkrechten Absätzen angelegt und von Stufe zu Stufe bis zu den höchsten Stellen aufgeführt.

Bei wichtigen Bauwerken ist es gerathen, dem Setzen der Fundamente von bedeutender Tiefe einige Zeit zu gestatten, bevor die Mauern von der Gleichung der höchsten Stelle der Fundamentgräben über Erde aufgeführt werden. Fundamente von Scheidemauern sind gleichzeitig mit den Fundamenten der Außenmauern aufzuführen und mit diesen gut zu verbinden. An Hauptecken müssen die Fundamente nach der Richtung beider Mauern eine gleiche Tiefe haben und in möglichst langen Sätzen gleichzeitig aufgeführt werden.

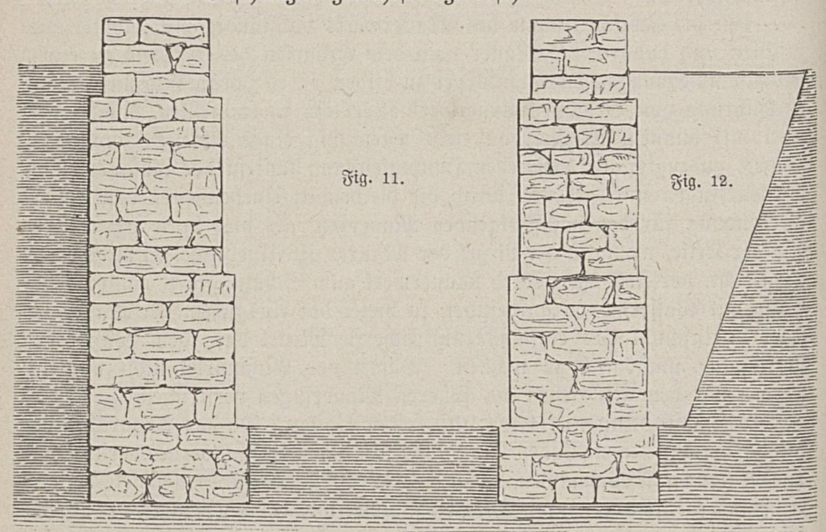
Um die Zwischenräume des Mauerwerks vollständig mit Mörtel auszufüllen und dadurch die Mauer nach dem Erhärten des Mörtels zu einem fest zusammenhängenden Steinkörper zu bilden, ist es zweckmäßig und bei der Ausführung von Bruchsteinmauerwerk allgemein zu empfehlen, das Mauerwerk mit dünnem Mörtel, auf jede Gleichung eines etwa 50 cm hohen Satzes, auszugießen. Bei jeder Hauptgleichung schließt der Gußmörtel die offenen Fugen und gestattet durch die bleibenden Unebenheiten eine bessere Verbindung für den nächstfolgenden Mauersatz, als dies beim Verstreichen mit der Kelle, wobei in der Regel der Maurer alle Unebenheiten mit Mörtel ausgleicht, der Fall ist. Wird Mauerwerk zum Schutze gegen eindringende Nässe mit Wassermörtel aufgeführt, so bietet das Ausgießen der Mauer bei jeder Steinschicht das einfachste und sicherste Mittel dar, dem Wasser den Durchgang unmöglich zu machen. Damit der Gußmörtel nicht abfließt, werden vor dem Eingießen die äußeren Mauerfugen verstrichen.

2. **Gründung auf Kies und festen Boden.** Da das Ausgraben der Fundamente in festem Boden kein Hinderniß darbietet, so werden verschiedene Tiefen nur dann vorkommen, wenn dies durch eine verschiedene Tiefe der von den Fundamentmauern umschlossenen Räume, wie bei den Kellern der Wohngebäude, geboten ist. Fundamente von gleichen Tiefen erhalten eine wagerechte Sohle ohne Abstufungen auf die ganze Länge der Mauern. Außenmauern werden bei Wohngebäuden nach Fig. 11 unmittelbar an den gewachsenen Boden angelegt, wenn die Wände beim Ausgraben stehen bleiben, damit dem bei Hinterfüllungen stattfindenden Andrängen der Nässe vorgebeugt werde. Bei Kiesboden ist selten eine Verstärkung schwer belasteter Fundamente zur Vertheilung der Last auf eine größere Grundfläche nöthig, mehr bei festem Sand- oder Thonboden, welcher in feuchtem Zustande Eindrücke erleidet.

Der unterste Fundamentsatz wird bei Sand- oder Thonboden nach Fig. 12 im Anschluß an die Seitenwände des Fundamentgrabens, und von diesem Satze alsdann die Mauer auf beiden Seiten häufig mit entsprechenden Absätzen so aufgeführt, daß die zu unterstützende Stockwerksmauer auf die Mitte der Fundamentmauer zu stehen kommt. Die Breite der horizontalen Absätze richtet sich nach der Größe der zu den Mauern verwendeten

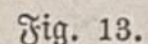
Steine und darf nie mehr betragen als die Hälfte der Breite von den nach ihrer Länge in der Mauerflucht liegenden Steinen, den sogenannten Streckern oder Läufern. Bei Bruchsteinmauerwerk werden hiernach die Vorsprünge nicht mehr als 6 bis 8 cm betragen dürfen. Nach dieser Verstärkung der Sätze von 12 bis 16 cm richtet sich die einer bestimmten Mauerverstärkung entsprechende Anzahl und bei einer gewissen Tiefe der Fundamente auch die Höhe der einzelnen Mauersätze.

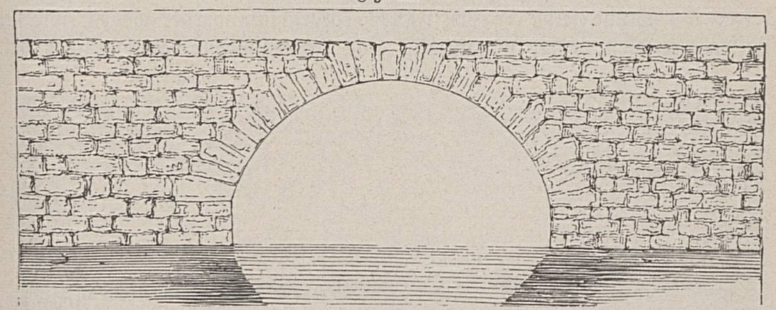
Statt der zurückgesetzten senkrechten Mauersätze bei Fundamentmauern Böschungen anzubringen, wie es vielfach vorgeschlagen wird, erschwert die Ausführung, ohne irgend einen Vortheil darzubieten Nur bei freistehenden Mauern werden Böschungen gerechtfertigt erscheinen.


Fig. 11. Fig. 12.

3. Gründung auf Sandboden und zusammenpreßbaren Erdarten. Bei Sandboden und anderen zusammenpreßbaren Erdarten, welche bei der Belastung nicht seitlich ausweichen, wird bei der Wirkung einer Last der Eindruck, welchen dieselbe hervorbringt, um so geringer sein, je größer die Grundfläche ist, auf welche die Last wirkt. Nehmen wir an, daß Sandboden eine Last von 800 kg auf eine Grundfläche von 1 □m zu tragen im Stande ist, ohne daß er eine Zusammenpressung erleidet, so können wir daraus mit Sicherheit schließen, daß auch derselbe Boden einer Belastung von 16,000 kg widersteht, wenn diese Last auf eine Grundfläche von 20 □m vertheilt ist. Hiernach werden wir bei der Gründung auf Sand und anderen zusammenpreßbaren, aber trockenen Bodenarten nur zu untersuchen haben, welchem Drucke der Boden bei einer gewissen Grundfläche mit Sicherheit widersteht, und danach die Grundfläche der Fundamentmauern so bestimmen,

daß eine Fläche von der bei dem Versuche angenommenen Größe keine größere Last zu tragen hat als diejenige, welcher der Boden, dem Versuche entsprechend, vollkommen widerstand. Bei gleicher Beschaffenheit des Bodens nach der ganzen Ausdehnung der Baustelle kann eine zu große Belastung keinen andern Nachtheil haben als den, daß eine gleichmäßige Senkung des Gebäudes erfolgt, welche aber in den meisten Fällen nicht bemerkbar sein wird, weil die Senkung allmählich bei der Aufführung der Mauern und gleichzeitig mit der unvermeidlichen Senkung durch das Austrocknen und Zusammenpressen der Mörtelfugen vor sich geht. Kommen lockere Stellen vor, so werden die Fundamente tiefer ausgegraben und im Verhältniß der geringeren Tragfähigkeit des Bodens, oder auch, wenn sich gleich fester Boden vorgefunden hat, wegen der vermehrten Höhe, bis zur Hauptsohle der Fundamente stärker angelegt.


Fig. 13.



Nicht selten kommen bei diesen Bodenarten Stellen, meist Wasserzüge, vor, bei welchen selbst in großer Tiefe ein zuverlässiger Baugrund nicht aufgefunden wird. Gestattet es die Tiefe der Fundamente, so vermeidet man am besten das kostspielige und zeitraubende Anlegen eines Pfahlrostes. Dies geschieht, indem man von den auf festem Grunde ruhenden Mauern aus den lockern Boden durch einen Bogen nach Fig. 13 übersprengt, um die Belastung der auf ihm fortgeführten Mauern auf den festen Baugrund zu übertragen.

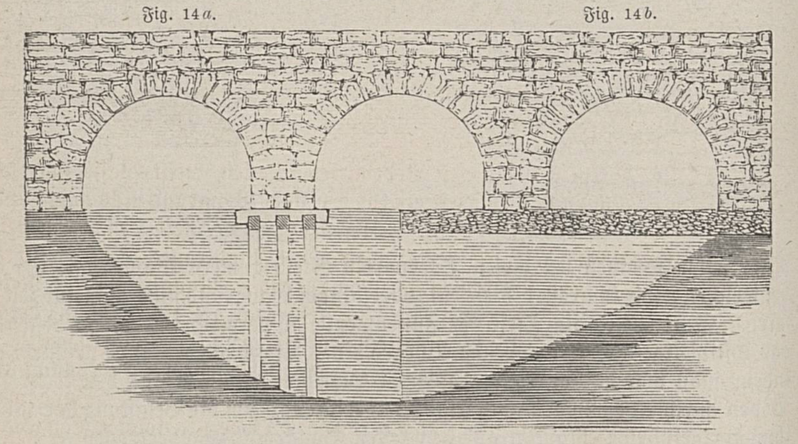
Daß mit nur einem Bogen Stellen von bedeutender Ausdehnung nicht überspannt werden können, liegt in der Natur der Sache. Wo Fundamente über Schluchten oder lockern, unzuverlässigen Boden in solcher Längenausdehnung geführt werden müssen, daß feste Stützpunkte unbedingt nöthig sind, da tritt die Nothwendigkeit ein, entweder nach Fig. 14 *a* auf Pfahlroste Pfeiler anzulegen und von diesen aus Erdbogen nach den auf festem Grunde ruhenden Fundamentmauern zu sprengen, oder nach Fig. 14 *b* eine Bétonlage darüber zu bringen und auf solcher die Fundamentmauern über Erdbogen oder ohne Unterbrechung fortzuführen.

Das mehrfach empfohlene Verfahren, über lockerer Erde auf liegenden Rosten zu gründen, müssen wir als entschieden erfolglos, demnach unanwendbar erklären, weil der liegende Rost unmöglich Einsenkungen verhindern

kann und selbst in den Fällen zu den unsicheren Nothbehelfen gerechnet werden muß, wo er noch angewendet wird, um bei ungleicher Belastung von Fundamenten den Druck auf die Sohle gleichmäßig zu vertheilen.

Die Sicherheit eines Gebäudes von einer leicht zerstörbaren Holzunterlage abhängig zu machen, bleibt unter allen Umständen bedenklich, und wenn auch das zu Grundbauten geeignetste Eichenholz unter Wasser eine Dauer hat, die, nach der zunehmenden Festigkeit zu schließen, so groß ist, daß sie der Dauer des besten Steinmaterials über Erde nicht nachsteht, so geht es doch sehr bald in Fäulniß über, wenn es im feuchten oder trockenen Grunde verwendet, oder wenn es, selbst nachdem es Jahrhunderte unter Wasser gestanden, trocken gelegt wird. War früher die Gründung auf Rosten sehr gebräuchlich, so werden wir jetzt, durch Erfahrung eines Bessern belehrt, unser Bestreben dahin zu richten haben, daß bei dem Grundbau die Verwendung des Holzes als Stütze selbst in den Fällen entbehrlich werde, wo es, wie bei Wasserbauwerken, erfahrungsgemäß eine Jahrhunderte lange Dauer hat.

Fig. 14*a*. Fig. 14*b*.



Der Maurer ist in seinem vollen Rechte, wenn er das Holz durch Stein und Mörtel zu ersetzen sucht, und es unterliegt keinem Zweifel, daß schon nach Jahrzehnten es den vereinten Kräften der Kunst und Wissenschaft gelungen sein wird, die schwierigsten Probleme in der Gründung von Bauwerken aller Art zu lösen, ohne dazu des Holzes als Stütze zu bedürfen.

Statt des liegenden Rostes wenden wir zur Vertheilung der ungleichen Belastung den umgekehrten Erdbogen an. Schwere Mauerpfeiler werden nach Fig. 15 auch in den Fundamenten für sich fortgeführt und ruhen auf den Widerlagern abwärts gerichteter Bogen. Wie bei aufwärts gerichteten Bogen die Belastung derselben auf die Stütz- oder Widerlagspfeiler übertragen wird, so wirkt die Belastung der Widerlager der abwärts gerichteten Bogen auf den Bogen selbst zurück und von diesem auf den unten befindlichen

Mauerkörper. Bei tiefen Fundamenten wird durch Aufführung besonderer Pfeiler für schwerbelastete Theile der Mauern über Erde zugleich an Mauermasse gespart. Ist keine Unterbrechung der Mauern über Erde zulässig, so werden die Fundamentpfeiler auch oberhalb durch Mauerbogen unter sich verbunden, wie dies in Fig. 16 angegeben ist.

Fig. 15.

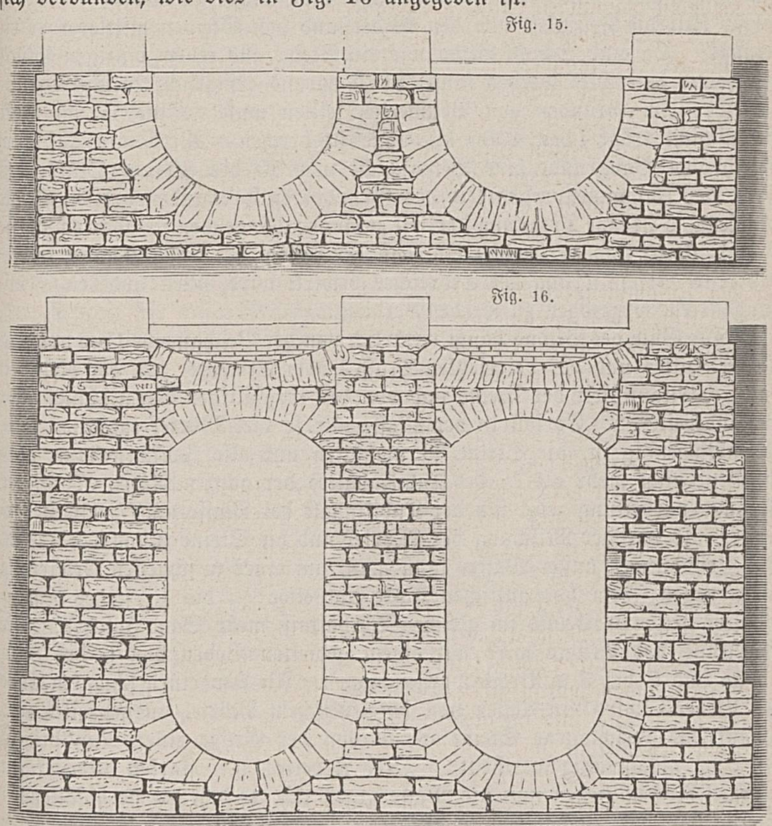


Fig. 16.

4. **Gründung auf Morast und Ausfüllboden sowie auf allen Bodenarten, welche beim Zusammenpressen zugleich seitlich ausweichen.** Bei diesen Bodenarten glaubte man früher die Pfahlroste nicht entbehren zu können. Mit einem großen Aufwande von Zeit und Kosten eingetriebene Pfähle von festem Holze bilden bei dem Pfahlroste die Unterstützungspunkte für einen darüber gestreckten liegenden Rost, über welchen dann das Mauerwerk aufgeführt wird. Wir übergehen die Beschreibung der zu den Arbeiten des Zimmermanns gehörenden Anlegung eines Pfahlrostes um so mehr, weil wir die Ueberzeugung gewonnen haben, daß bei richtiger Anwendung der

dem Maurer zu Gebote stehenden Mittel kaum ein Fall gedacht werden kann, wo man gezwungen wäre, Bauwerke auf Pfähle zu gründen.

Der Béton (Concrete), ein Gußmauerwerk aus kleinen, durch hydraulischen Mörtel mit einander verbundenen Steinen bestehend, hat die vorzügliche Eigenschaft, eine dichte und gleichförmige Masse zu bilden, welche in kurzer Zeit die Festigkeit und den Widerstand von Steinen mittlerer Härte erlangt. Da eine Schicht Béton wie ein Stein, aus einem einzigen Stücke bestehend, betrachtet werden kann, so ist daraus ersichtlich, welche Dienste derselbe beim Gründen von Bauwerken leisten muß. Eine 10 cm dicke Bétonschicht trägt schon 4000 kg, ohne zu brechen. Wird nun auf dem schlechtesten Baugrunde eine Bétonschicht von 50 bis 80 cm Stärke auf einer der Zusammenpreßbarkeit des Grundes entsprechenden breiten Sohle angelegt, so ist eine Trennung der fest zusammenhängenden steinharten Masse nicht denkbar, und es leuchtet ein, daß der Béton, bei dessen Anlage durchaus keine Erschütterung des Erdreiches bewirkt wird, allen anderen Gründungsarten vorgezogen zu werden verdient.

Die Güte des Bétons hängt natürlich von der Beschaffenheit des hydraulischen Kalkes und des beigesetzten Trasses oder Cements, von der Reinheit und Scharfkantigkeit der Steine und von der sorgfältigen Vermischung aller Bestandtheile ab. Es soll in der Masse nur so viel Mörtel enthalten sein, als nothwendig ist, die Steine zu umhüllen und alle Zwischenräume auszufüllen: nicht mehr als $^2/_5$ des Kubikinhaltes der ganzen Masse. Nach der Zusammenarbeitung zeigt sich der Kubikinhalt der Masse um $^1/_8$ bis $^1/_5$ geringer, als vor der Mischung der Mörtel und die Steine zusammen hatten. Bei Gründungen außer Wasser kann man, um einer zu schnellen Erhärtung vorzubeugen, dem hydraulischen Kalke um etwa $^1/_8$ bis $^1/_4$ seines Rauminhaltes fetten Kalk und im gleichen Verhältniß mehr Sand zusetzen. Die Bereitung des Bétons wird auf einem gedielten Boden von 5 bis 8 m Länge und 2 bis 3 m Breite vorgenommen. An dem einen schmalen Ende des Bodens wird ein Lager von hydraulischem Mörtel ausgebreitet und darauf das zerschlagene Steinmaterial von der Größe einer Nuß bis zu 40 ccm gleichmäßig vertheilt. Drei Arbeiter mit starken dreizackigen eisernen Rechen ziehen nun die Masse gegen sich, so daß die herabfallenden Steine von dem nachgezogenen Mörtel gedeckt werden, und zwei Arbeiter gehen auf der entgegengesetzten Seite nach und schaufeln die zurückbleibenden Steine sowie den Mörtel wieder auf den Haufen. Ist auf diese Weise die Masse bis an das entgegengesetzte Ende des Bodens gelangt, so wechseln die Arbeiter ihre frühere Stellung und arbeiten die ganze Masse nochmals entgegengesetzt auf die ganze Länge des Bodens durch. Auf Haufen gebracht, kann die Bétonmasse bis zum nächsten Tage aufbewahrt werden, bindet aber immer um so besser, je schneller sie verarbeitet wird.

Bei allen Bauwerken auf nicht sehr widerstandsfähigem Baugrunde kann man die Aushebung sehr tiefer Fundamente und dem entsprechende

Verstärkungen der Fundamentmauern vermeiden, wenn man eine Bétonschicht von doppelter bis dreifacher Breite der darauf zu errichtenden Mauern herstellt und dieser Bétonschicht eine Stärke von 40 bis 50 cm giebt. Bei sehr hohen und schwerbelasteten Bauwerken ist die Stärke der Bétonschicht auf 75 bis 100 cm zu vermehren. Außer dem bereits erwähnten und nicht hoch genug anzuschlagenden Schutze, welchen hinlänglich starke Bétonunterlagen gegen Senkungen darauf errichteter Bauwerke an einzelnen Stellen gewähren, bieten sie zugleich das sicherste Verhinderungsmittel gegen das Aufdringen der Grundfeuchtigkeit.

Quellwasser bietet bei der Gründung auf Béton kein Hinderniß dar, indem der eingebrachte Béton das Wasser verdrängt und eine um so größere Härte erlangt, wenn das Wasser einige Zeit darüber stehen bleibt.

Die Aufgrabungen römischer Bauwerke haben uns mit der Anwendung des Gußmauerwerks zu Gründungen, ja selbst zur Herstellung von unterirdischen Wasserleitungen, bekannt gemacht. So viel uns bekannt, wurde in der Neuzeit die erste Gründung auf Béton bei dem Bau der Brücke bei Maisons-sur-Seine, in der Nähe von Paris, im Jahre 1820 ausgeführt. Die Pfeiler der später erbauten Carrouselbrücke in Paris sind gleichfalls auf Béton gegründet. Von dieser Zeit an ist in Frankreich und ebenso in England die Anwendung des Bétons zur Gründung von Brückenpfeilern und anderen Wasserbauwerken sowie zur Gründung von Landbauwerken auf zusammenpreßbarem Baugrunde beinahe allgemein. Auch in Deutschland hat sich die Bétongründung bewährt und wird, deß sind wir gewiß, sehr bald den Pfahlrost ganz verdrängt haben.

Die Kosten der Gründung auf Béton, wobei selbst das bei Wasserbauwerken so kostspielige und zeitraubende Abdämmen der Baustelle entbehrlich ist, stellen sich bei Bauwerken unter Wasser etwa den Kosten für die Herstellung eines guten Backsteinmauerwerks von gleichem Rauminhalte gleich, und bei den schwierigsten Gründungen ergiebt sich immerhin noch eine Ersparniß von $^1/_5$ bis zu $^2/_5$ gegen die Kosten für einen Pfahlrost.

Bei dem Legen des Béton wird ähnlich wie bei der Ausführung von Mauerwerk verfahren; es werden nämlich mehrere Schichten über einander angebracht, deren Stärke sich nach der Beschaffenheit des Mörtels richtet. Schnell erhärtender Mörtel kann in stärkeren Schichten gelegt werden als langsam erhärtender. Béton, welcher die Grundlage von Brückenpfeilern bilden soll, wird, um ihn bis zu seiner völligen Erhärtung vor Abspülungen durch die Strömung des Wassers und vor dem Stoße schwimmender Körper zu schützen, zwischen Spund- oder Bohlenwänden versenkt. Diese die Baustelle umschließenden Wände werden, wenn sie nicht zugleich als äußere Wände eines Fangdammes dienen sollen, nur bis zur Höhe der Bétonschüttung, in der Regel bis zur Linie des niedrigsten Wasserstandes errichtet.

Ist beim Gründen im Wasser die Umschließung der Baugrube durch einen Fangdamm erforderlich, innerhalb dessen die Ausführung der auf Béton

ruhenden Mauern oder Pfeiler bis über den Wasserspiegel im Trockenen erhöht werden soll, so bietet zur Herstellung vollkommen wasserdichter Umfangswände des Fangdammes der Béton gleichfalls das sicherste Mittel dar. Wir geben in Fig. 17 den Querschnitt eines Fangdammes, dessen Umfangswände durch Béton gebildet sind. Die äußeren Wände sind Spundwände und werden durch Pfähle gebildet, welche von der vorher ausgebaggerten Sohle der Fundirungsbétonschicht aus bis zum absoluten Feststehen möglichst fugendicht, jedoch ohne Verbindung durch Nuth und Feder, eingerammt und über Wasser durch eine Kronschwelle unter einander verbunden werden. Innerhalb dieser Spundwände *a* wird nun die Fundirungsbétonschicht *A* auf die ganze Ausdehnung des Fangdammes unter Wasser versenkt und geebnet.

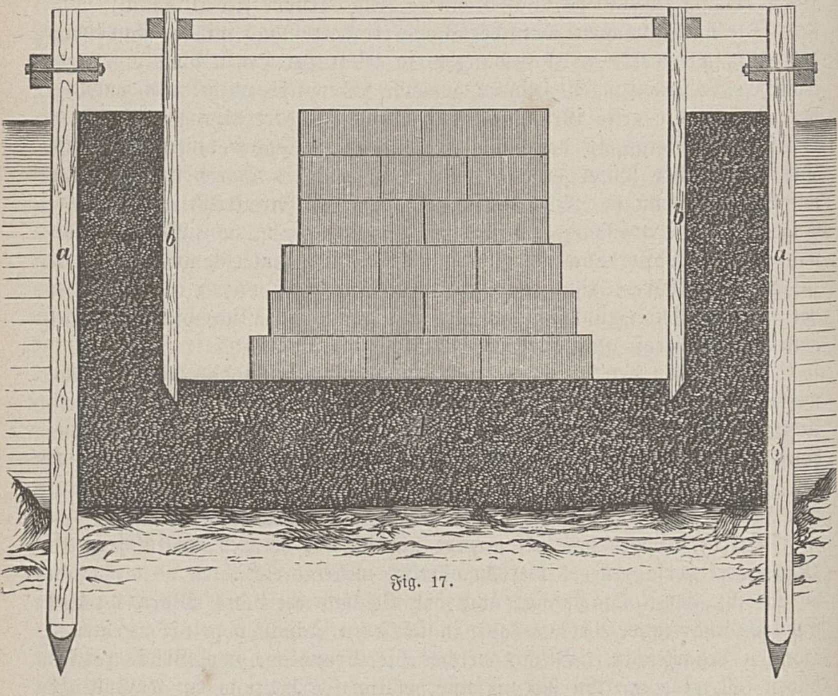


Fig. 17.

Bevor nun diese Bétonschicht vollkommen erhärtet ist — was bei guter Beschaffenheit des zum Bétonmörtel verwendeten hydraulischen Kalkes und zugesetzten Trasses oder Cements innerhalb drei Tagen insoweit vorschreitet, daß man auf der Bétonschicht Quadern versetzen kann — so werden im Innern, 50 bis 80 cm von den Pfahlwänden entfernt, Spundwände *b* aus Bohlen eingesetzt, deren untere Enden zugespitzt und welche nur auf eine geringe Tiefe in die Bétonschicht *A* eingetrieben werden. Sind diese inneren

Spundwände vollendet, so wird der Raum B zwischen diesen und den äußeren Pfahlspundwänden bis etwas über den Wasserspiegel mit Béton ausgeschüttet. Nach erfolgtem Erhärten dieser Bétonwände wird das Wasser aus der Baugrube gepumpt, und es bleibt dieselbe, wenn der Béton vorsichtig und ohne daß beim Einschütten desselben der Kalkmörtel von den beigemischten Steinen sich abspülte, eingebracht wurde, vollkommen wasserfrei.

Die Versenkung des Bétonmörtels geschieht entweder in Kästen, welche bis auf den Grund herabgelassen und durch Umkippen entleert werden, oder am zweckmäßigsten durch Trichter, welche, aus Bohlen konstruirt, von einem über der Baustelle angebrachten Gerüste aus gefüllt und mit der Ausflußöffnung bis zur Oberfläche der zu gießenden Schicht herabreichend so geführt werden, daß durch den Trichter selbst das Ebenen der Schicht vorgenommen wird. Bei der im Jahre 1854 zur Ausführung gekommenen Bétongründung für die beiden Landpfeiler einer Schiffbrücke über den Rhein bei Worms wurde die Versenkung des Béton in Trichtern mit dem besten Erfolge vorgenommen. Für die unterste Schicht ist ein Ebenen des Baugrundes durchaus nicht erforderlich, weil der Gußmörtel vorkommende Vertiefungen ausfüllt und Erhöhungen umschließt.

Die Anwendung des Béton- oder Cementmauerwerks bei den schwierigsten Ufer- und Hafenbauten in Triest und Venedig liefert den glänzendsten Beweis von der Vorzüglichkeit einer Gründungsweise, welche kein Hinderniß kennt und wegen ihrer Festigkeit und Dauer eine vorher nicht gekannte Sicherheit gewährt. Zur Mörtelbereitung wird die schon Jahrhunderte als Cement bekannte Santorinerde, welche der Puzzolanerde an Güte nicht nachsteht, und fetter Kalk verwendet. Bei den Bauten in Triest, wo unseres Wissens zu Anfang der vierziger Jahre die ersten Versuche mit Cementmauerwerk unter Wasser angestellt wurden, besteht die Mischung für Mauern unter Wasser aus:

7	Theilen	Santorinerde
$2\frac{1}{2}$	„	fettem Kalk
6	„	Bruchsteinen, oder aus:
7	„	Santorinerde
2	„	fettem Kalk
7	„	Bruchsteinen;

und für Mauern über Wasser aus:

7	Theilen	Santorinerde
2	„	Kalk
14	„	Bruchsteinen.

Die Mauern werden zwischen Kästen nach Fig. 18 gegossen, welche leicht aus einander genommen und versetzt werden können.

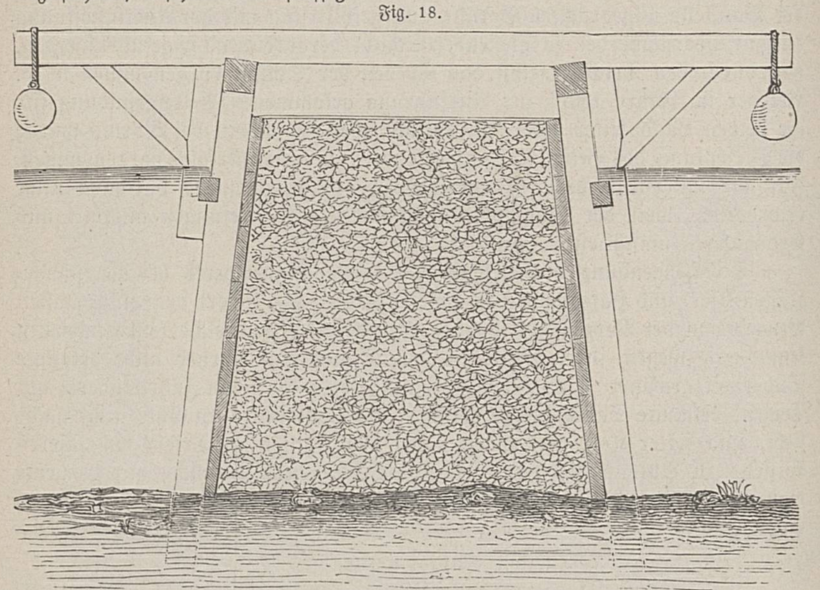
Die Mischung von 7 Theilen Santorinerde und 2 Theilen Kalk mit wechselndem Zusatz von Steinen, da deren Größe die Masse des umschließenden

Mörtels ändert, wird auch bei den Bauten Venedigs beibehalten; doch waren die Resultate eines Versuchs, Mauerwerk aufzuführen von

4 Theilen Santorinerde
3 „ Sand und
$2\frac{1}{2}$ „ Kalk

und statt der zerschlagenen natürlichen Steine Backsteine und Ziegelstücke zu verwenden, von so gutem Erfolge begleitet, daß davon bedeutende Bauwerke zur Ausführung kamen. Zur Empfehlung der Bétongründung noch Weiteres anzuführen, erscheint überflüssig.

Fig. 18.



Verbesserung sumpfigen Baugrundes durch Sandlagen. Die „Allgemeine Bauzeitung", ein Organ für das gesammte Bauwesen, welches keinem Bautechniker fehlen sollte, brachte in dem Jahrgang von 1837 einen Aufsatz, in welchem die günstigen Resultate von Versuchen mitgetheilt werden, Gebäude auf Sand zu gründen. Wir verweisen auf diesen Aufsatz und beschränken uns darauf, die Hauptresultate mitzutheilen.

Bei den Arbeiten an den Festungswerken zu Bayonne zeigte sich der Baugrund so morastig und elastisch, daß man selbst mit Holzrösten sich keine günstigen Erfolge versprechen durfte. Man kam auf den früheren Rath eines Ingenieurs, den schlechten Baugrund mit einer wenigstens 1 m hohen Sandschicht zu überdecken und darauf zu gründen, zurück und stellte Versuche über die Eigenschaft des Sandes und seinen Gebrauch bei Fundirungen an. Die Resultate waren so günstig, daß die Anwendung beschlossen wurde.

Es wurde zuerst ein Festungsthor auf Sand gegründet, bei welchem für die einzelnen freistehenden Thorpfeiler der Grund auf 1,5 m Tiefe unter der Mauersohle ausgegraben und die Grube 1,7 m hoch mit Sand ausgefüllt wurde. Nachdem der Sand gestampft war, wurden zwei Bruchsteinmauersätze als Fundamente der Pfeiler darauf gemauert. Bevor die Pfeiler gestellt wurden, ließ man eines der gemauerten Postamente mit 30,000 kg Blei beschweren, ohne daß man dabei das geringste Senken gewahrte. Nach dieser günstigen Probe setzte man die Pfeiler auf und vollendete das über den Pfeilern gewölbte Thor, dessen Gewicht nach vollendetem Bau ebenfalls nicht das mindeste Setzen des Sandes zur Folge hatte, indessen ein anstoßendes, auf der natürlichen Grundlage früher erbautes Mauerwerk eine fortwährend allmählich sinkende Bewegung bemerken ließ. Mauern, auf 1,7 m starke Sandschichten gegründet, bei denen der Quadratmeter Sandunterlage eine Last von 30,000 kg zu tragen hat, zeigen ebenfalls keine merkliche Einsenkung. Bei ungleich belasteten Bauwerken über Füllboden von ungleicher Beschaffenheit und ungleicher Höhe des Füllbodens ergaben sich, wie erwartet werden mußte, ungleiche Senkungen; doch zeigte sich überall eine gleichmäßige Vertheilung der Senkungen durch die Sandschichten. Unwiderlegbar stellte sich die Verbesserung des morastigen Bodens durch eine Sandlage in den Resultaten des nachbemerkten Versuches heraus. Es wurden zwei Gruben von 1,2 m im Quadrat und 1,2 m tief ausgegraben. Die eine Grube wurde mit Sand ausgefüllt und auf den Sand ein Gewicht von 29,000 kg gebracht. Bei dem Auflegen der Last betrug die Zusammenpressung 0,0650 m; nach acht Tagen zusammen 0,1259 m.

Dieselbe Belastung unmittelbar auf den morastigen Boden der andern Grube gebracht, bewirkte nach acht Tagen eine Senkung von 0,3500 m, also beinahe das Dreifache der Senkung bei der über demselben Morastgrunde angefüllten 1,20 m hohen Sandschicht. In beiden Fällen waren die Fundamentgruben mit Wasser angefüllt.

Diese sowie weiter angestellte und in dem genannten Aufsatze nach dem Verfahren und den interessanten Resultaten genau beschriebenen Versuche ließen keinen Zweifel, daß dieses einfache Mittel, schlechten Baugrund zu verbessern, weitere Anwendung und durch dieselbe diejenige Vervollkommnung finden werde, deren es seiner Natur nach fähig ist.

Auch bei dem Bau eines massiven zweistöckigen Gefangenenhauses in Rehburg, Königreich Hannover, wurde diese Gründungsmethode angewendet und hat sich, nach einer in dem „Notizblatt des Architekten- und Ingenieurvereins für das Königreich Hannover“ vom Jahre 1851 mitgetheilten Beschreibung dieser Gründung, vollkommen bewährt. Der Baugrund, torfähnliches elastisches Erdreich, mit Triebsand durchzogen und bei 30 cm Tiefe schon Quellwasser, wurde 1,80 m tief nach der ganzen Ausdehnung der Baustelle und ringsum noch 1,50 m über die äußere Begrenzung hinaus ausgegraben. Nachdem sich die Baugrube bis 30 cm unter der Oberkante

des Bodens mit Wasser angefüllt hatte, wurde sie mit scharfem Sande durch Schaufeln in ausbreitenden Würfen erfüllt. Da das Wasser keinen Abzug fand, so füllte es die Zwischenräume des Sandes aus, und es erfolgte kein festeres Ineinanderschließen desselben, wie dies der Fall ist, wenn eine Sandfüllung mit Wasser geschlämmt wird, dabei aber das Wasser durchsickernd seinen Abzug findet. Nachdem die Baugrube mit Sand gefüllt und ein Zeitraum von sechs Tagen verflossen war, wurde mit dem Aufmauern der Fundamente der Anfang gemacht und dabei so verfahren, daß sie zur gleichmäßigen Belastung immer in gleicher Höhe ringsum aufgeführt wurden. Als die Fundamente bis zur Sockelhöhe aufgeführt waren, wurde die Arbeit vier Tage lang unterbrochen; darauf wurden die Mauern von 60 cm Stärke bis zur Fenstersturzhöhe geführt und der Bau blieb nochmals 14 Tage lang liegen. Nach dieser Zeit wurde das Gebäude ohne weitern Aufenthalt bis unter Dach aufgeführt. Nach der Vollendung des Gebäudes zeigte sich der Sandboden um $1^1/_4$ cm zusammengedrückt. Die Zusammenpressung der künstlichen Sandlage ist durchaus gleichmäßig horizontal gewesen, so daß die mit den genauesten Instrumenten vorgenommenen Abwägungen stets dasselbe Resultat gezeigt haben. Der für sich als unzusammenpreßbar zu betrachtende Sand stellte durch die Beweglichkeit und Verschiebbarkeit seiner Bestandtheile das Gleichgewicht unter der Grundmauer her. Es ist anzunehmen, daß senkrechte Belastungen Sandschichten von hinreichender Mächtigkeit wenig und gleichmäßig zusammenpressen, schräg wirkende Belastungen dagegen dieselben verschieben werden.

Da das Zusammenpressen der Sandlage von $1^1/_4$ cm auf 1,80 m Mächtigkeit keinen nachtheiligen Einfluß auf ein Bauwerk haben kann, wenn darauf schon bei der Anlage Rücksicht genommen wird, und da außerdem noch ein geringeres Senken zu erwarten ist, wenn den Fundamenten eine sehr breite Sohle gegeben werden kann, so wird dieser überaus einfachen und billigen Gründungsweise, welcher Theorie und Praxis gleich empfehlend zur Seite steht, überall der Vorzug eingeräumt werden müssen, wo derselbe Zweck, selbst mit größeren Kosten, nicht so sicher erreicht werden kann.

Wir schließen unsere Betrachtung mit dem Wunsche, daß Männer von Fach ihre Erfahrungen auf dem so wichtigen Gebiete der Gebäudegründung durch Mittheilungen in Zeitschriften zum Gemeingut machen mögen.

Siebenter Abschnitt.

Von dem Mauerverbande.

Die Festigkeit der Mauern hängt außer der Beschaffenheit des Steinmaterials und des Mörtels hauptsächlich davon ab, welche Lage die einzelnen Steine gegen einander einnehmen. Die Anordnung der Lage der einzelnen

Steine gegen einander, sowol in den einzelnen Mauerschichten als auch in dem Wechsel der auf einander folgenden Mauerschichten, begreift man unter dem Namen des Steinverbandes. Die Verbindung der Steine nach den Regeln des Steinverbandes durch Mörtel heißt dann das Mauern.

Bei der Aufeinanderfügung der Steine wird die Fläche, worauf der Stein zu liegen kommt, das Lager, und die Fuge, welche die horizontale Trennung anzeigt, die Lagerfuge genannt. Die Aneinanderfügung heißt der Stoß, und die Fuge, welche die senkrechte Trennung bezeichnet, die Stoßfuge. Die in der Ansicht der Mauer befindliche Fläche des Steins wird sein Haupt genannt. Befindet sich das Haupt des Steins an der schmalen Seite und die lange Seite greift in die Mauer ein, so heißt der Stein ein Binder; im andern Falle, wenn die lange Seite das Haupt bildet und der Stein mit der schmalen Seite gegen den Kern der Mauer gelegt ist, heißt er ein Läufer. Kommen in einer Mauerschicht nur Binder vor, so wird sie Binderschicht, und kommen nur Läufer vor, so wird sie Läuferschicht genannt. In der Regel werden die Steine auf die breite Seite gelegt, so daß die Höhe oder Dicke einer Schicht der Höhe oder Dicke der Steine gleich ist; doch kommen auch Fälle vor, wo die Steine auf die Hochkante gestellt — gerollt — werden. Die Höhe dieser Schichten, welche Rollschichten genannt werden, ist der Breite der Steine gleich.

Form und Größe der Steine haben den wesentlichsten Einfluß auf die Art des Verbandes, und deshalb werden wir der Betrachtung der Steinverbände eine Eintheilung der Mauern zu Grunde legen, deren Namen das Steinmaterial bezeichnet, nach welchem der Verband sich zu richten hat. Wir unterscheiden hiernach:

A. Backsteinmauern.
B. Haussteinmauern.
C. Bruchsteinmauern.

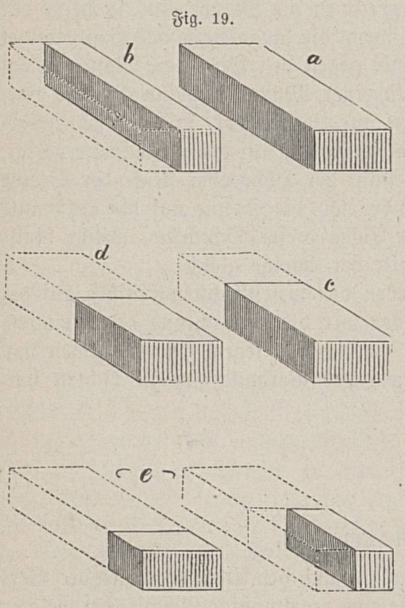
A. Backsteinmauern.

Da die Backsteine — Mauerziegel — nach den Anforderungen des Verbandes geformt werden, so erhalten sie eine regelmäßige Gestalt, bei welcher die einzelnen Abmessungen des Steines in einem bestimmten Verhältniß zu einander stehen. Um bei geraden Mauern den Regeln eines guten Steinverbandes folgen zu können, muß die Breite der Steine danach bemessen werden, daß zwei Steinbreiten, einschließlich der Mörtelfuge, einer Steinlänge gleichkommen. In der Regel wird die Länge der Steine auf 25 cm bestimmt, und die Breite richtet sich nach der durch die Beschaffenheit des Mörtels vorgeschriebenen Stärke der Mörtelfugen. Bei 30 cm langen Backsteinen und 1 cm dicken Mörtelfugen würde hiernach die Breite der Steine $14^1/_2$ cm betragen müssen.

Die Dicke der Backsteine ist ohne Einfluß auf den Verband, und wenn im Allgemeinen angenommen wird, daß sie die Hälfte der Steinbreite betragen

soll, so schreibt doch die Möglichkeit eines vollkommenen Garbrennens nicht selten eine Beschränkung vor. Außer den ganzen Backsteinen sind bei der Aufführung von Backsteinmauern zur Herstellung des Verbandes häufig auch Theile eines ganzen Steines Fig. 19 *a* erforderlich, welche entweder aus freier Hand zugehauen oder besonders geformt werden, und denen man besondere Namen beigelegt hat. Hat ein Stück die ganze Länge des Steines und nur die halbe Breite desselben, Fig. 19 *b*, so heißt es Kopfstück; hat es die ganze Breite des Steines und nur $^3/_4$ der Länge, Fig. 19 *c*, so heißt es Dreiquartier oder Dreiviertelstein; hat es die ganze Breite, aber nur die Hälfte der Länge des ganzen Steines, Fig 19 *d*, so heißt es Zweiquartier oder ein halber Stein. Viertelsteine, Fig. 19 *e*, sowie überhaupt Stücke, welche kleiner als ein halber Stein sind, werden Quartierstücke genannt.

Fig. 19.



Kann der Backsteinverband sehr verschieden angeordnet werden, so wird man dabei doch folgende allgemeine Regeln beobachten müssen:

1. Die Stoßfugen zweier auf einander liegenden Schichten dürfen nie zusammentreffen, vielmehr muß jede Stoßfuge von einem darüber und einem darunter liegenden Steine gedeckt sein. Je mehr Steine zwischen zwei senkrecht über einander treffenden Stoßfugen sich befinden, um so besser ist der Verband.

2. Das Innere der Mauer muß hauptsächlich aus Bindern bestehen, welche sich gegenseitig auf die Hälfte der Steinbreite und Steinlänge überdecken.

3. Die Stoßfugen einer Schicht müssen bei rechtwinkligem Verbande geradlinig durch die ganze Mauerstärke hindurchgehen. Liegen hinter einer Läuferschicht Binder, so müssen diese gerade hinter die Läufer gelegt werden, sodaß zwei Steinbreiten auf eine Steinlänge kommen und die Stoßfuge der Läufer durch die ganze Mauer hindurchgeht.

4. Bei Eckmauern muß, wenn an der einen Mauer eine Läuferschicht liegt, dieselbe Schicht an der andern Mauer eine Binderschicht sein.

5. Stoßen zwei Mauern an einander, so dürfen die Stoßfugen der zusammengehörigen Schichten nicht in der Mauerecke zusammentreffen. Die eine Stoßfuge muß in der Verlängerung der innern Kante der einen Mauer liegen, während dies bei der andern nicht stattfinden darf. In der folgenden

Schicht muß dann die früher um eine halbe Steinbreite zurückgesetzte Stoßfuge durchgehen und die früher durchgeführte zurückgesetzt werden.

6. Ganze Schichten dürfen nicht aus lauter Steinstücken bestehen, sondern es müssen in jeder Schicht möglichst viel ganze Steine und nur so viel Dreiquartiere, halbe Steine, Kopfstücke und Quartierstücke befindlich sein, als zur Herstellung des Verbandes unumgänglich nöthig sind.

Es läßt sich der Verband von Backsteinmauerwerk nach den Anforderungen der oben angeführten allgemeinen Regeln auf sehr mannichfache Art bewerkstelligen, und wir werden außer den unter verschiedenen Namen bekannten Verbänden für gerade Mauern noch einige andere Backsteinverbände betrachten, von deren Anordnung weitere Verbände leicht abgeleitet werden können.

Da bei dem Backsteinverbande die Stärke der Mauern nicht nach Metermaß, sondern nach Steinlängen angegeben wird, so sei hier der üblichen Bezeichnung der Mauerstärken gedacht. Eine Mauer von der Stärke einer Backsteinbreite heißt: eine einen halben Stein starke; deren Stärke gleich einer Länge und einer Breite eines Steines ist: eine anderthalb Stein starke Mauer u. s. f.

a. **Der Blockverband.** Dieser einfache Verband kann von dem ungeübtesten Maurer nicht leicht verfehlt werden und findet deshalb die häufigste Anwendung. Es wechseln bei demselben in unmittelbarer Folge Läuferschichten mit Binderschichten, und zwar in der Art, daß in den abwechselnden Schichten Läufer über Läufer und Binder über Binder zu liegen kommen und daß alle Stoßfugen der Läufer und Binder in eine Lothrechte zusammentreffen.

Denkt man sich aus dem Verbande einen Läufer sowie den unmittelbar darauf und darunter liegenden Binder, wie in Fig. 20 und 21 schraffirt, angegeben, weggenommen, so entsteht eine kreuzförmige Oeffnung in der Mauer, bei welcher sich sowol über als unter den herausgenommenen Bindern keine Stoßfuge befindet. Wir geben in Fig. 20 und 21 zwei verschiedene Blockverbände von einer einen Stein starken Eckmauer in der Ansicht, und zu jedem Verbande zwei über einander liegende Steinschichten.

Bei dem Eckverbande, Fig. 20, greifen die Binderschichten nach der innern Mauerlinie durch, und es ist neben dem Eckbinder ein Kopfstück eingelegt. Bei dem Eckverbande Fig. 21 greifen die Läuferschichten nach der innern Mauerlinie durch und schließen an der Mauerecke mit Dreiquartieren oder Dreiviertelsteinen. Die geneigte oder Treppenverzahnung, bei welcher man alle Steine, welche nicht von darauf liegenden gehalten werden, wegläßt, erscheint nicht gleichförmig, weil die Läufer weiter vortreten als die Binder; die Stockverzahnung dagegen, bei welcher die Mauer mit den senkrecht über einander gelegenen Kreuzen endigt, erscheint gleichförmig und regelmäßig. Von der Anwendung der Kopfstücke an den Ecken der im Blockverbande aufgeführten Mauern zeigen Fig. 22 die abwechselnden Schichten einer ein und einen halben Stein starken Mauer, und Fig. 23 die abwechselnden Schichten einer zwei und einen halben Stein starken Mauer.

Fig. 20. 21.

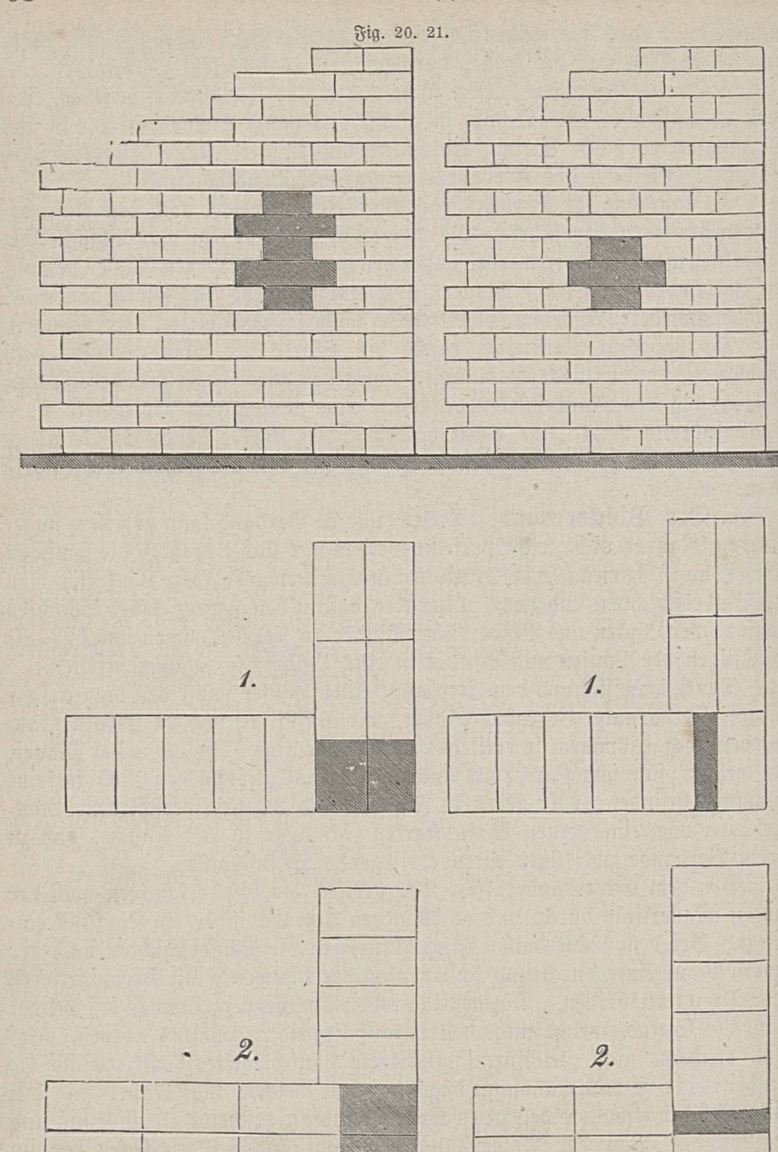


Fig. 22.

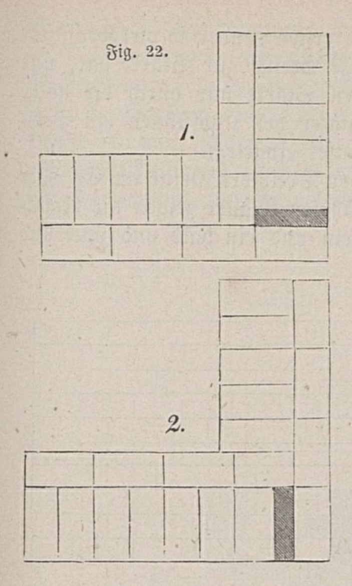


Fig. 23.

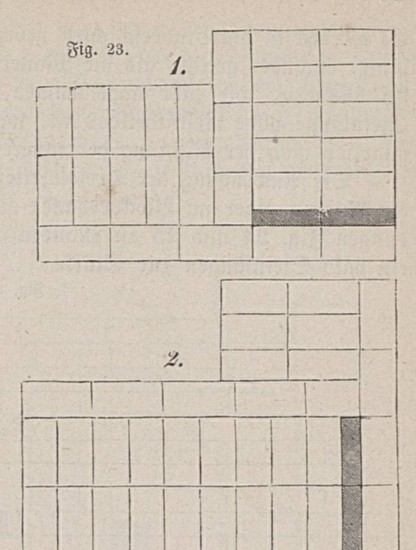


Fig. 24.

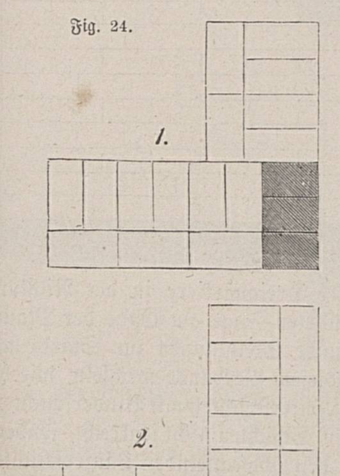
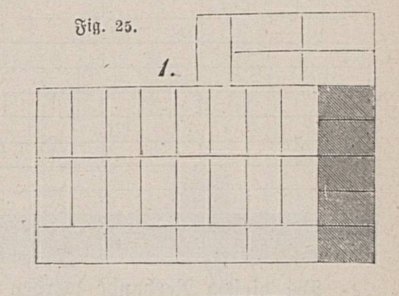
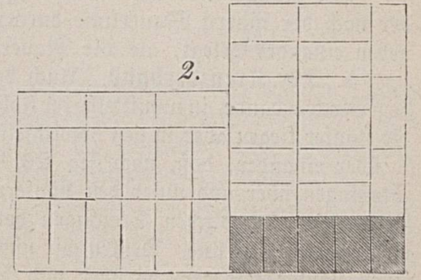


Fig. 25.

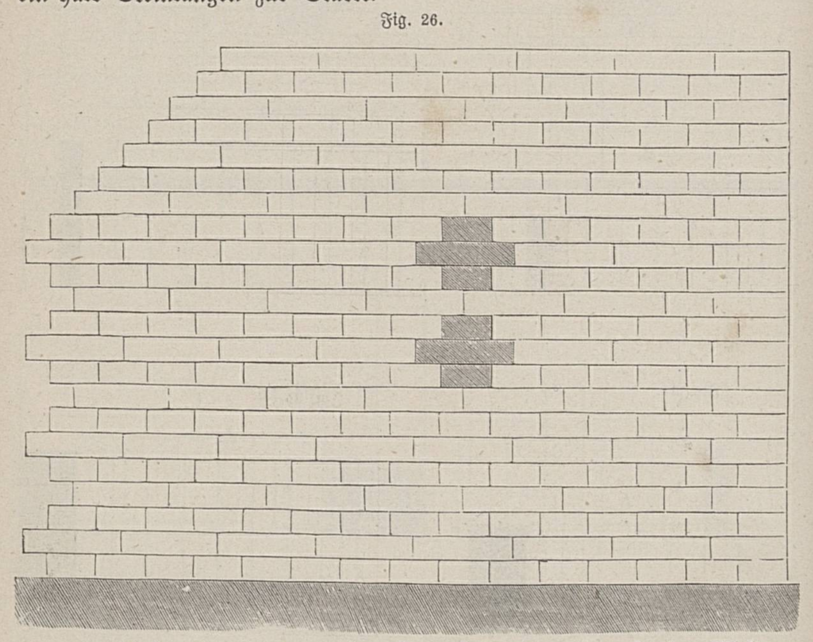




Es werden in die Binderschichten neben den ersten Binder so viel Kopfstücke hinter einander gelegt, als die Mauer ganze Steine zur Stärke hat, und bei Mauern, wie hier angenommen, deren Stärke nur durch die halbe Steinlänge ohne Rest theilbar ist, wird hinter den Kopfstücken ein Dreiquartier nach der Richtung der inneren Läufer eingelegt.

Die Anwendung der Dreiquartiere oder Dreiviertelsteine am Eck oder am Anfang einer im Blockverbande aufgeführten Mauer zeigen die Abbildungen Fig. 24 und 25 an Mauern von ein und ein halb und zwei und ein halb Steinlängen zur Stärke.

Fig. 26.

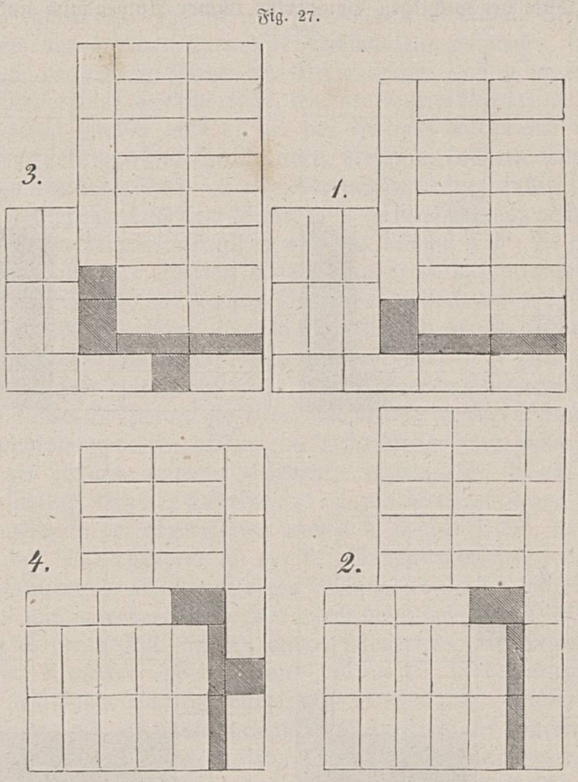


Bei diesem Verbande werden so viel Dreiquartiere in der Richtung der nach der innern Mauerlinie durchgeführten Fuge am Ende der Mauer neben einander gelegt, als die Mauer halbe Steinlängen zur Stärke hat.

b. **Der Kreuzverband.** Auch bei diesem Verbande wechseln, wie bei dem Blockverbande, in unmittelbarer Folge Läuferschichten mit Binderschichten; die Läufer liegen aber in den abwechselnden Schichten nicht senkrecht, sondern so über einander, daß, nach Fig. 26, in den abwechselnden Läuferschichten Stoßfugen über und unter den Läufermitten folgen, und daß alle in einer Lothrechten befindlichen Stoßfugen der Läufer drei Zwischenschichten von einander entfernt sind. Denken wir uns, wie in Fig. 26 schraffirt angegeben, einen Läufer mit dem darüber und darunter befindlichen Binder herausgenommen, so ergiebt sich ebenfalls eine kreuzförmige Oeffnung in der Mauer,

wie bei dem Blockverbande; es befinden sich aber unmittelbar über und unter den weggenommenen Bindern die Stoßfugen der die Oeffnung wagerecht abschließenden Läufer, während bei dem Blockverbande daselbst keine Stoßfugen vorkommen. Zwei über einander stehende Kreuze sind durch eine Läuferschicht getrennt, während sie beim Blockverbande in einander greifen. Die Treppenverzahnung ist bei dem Kreuzverbande gleichförmig, während die Stockverzahnung nur symmetrisch ist.

Fig. 27.



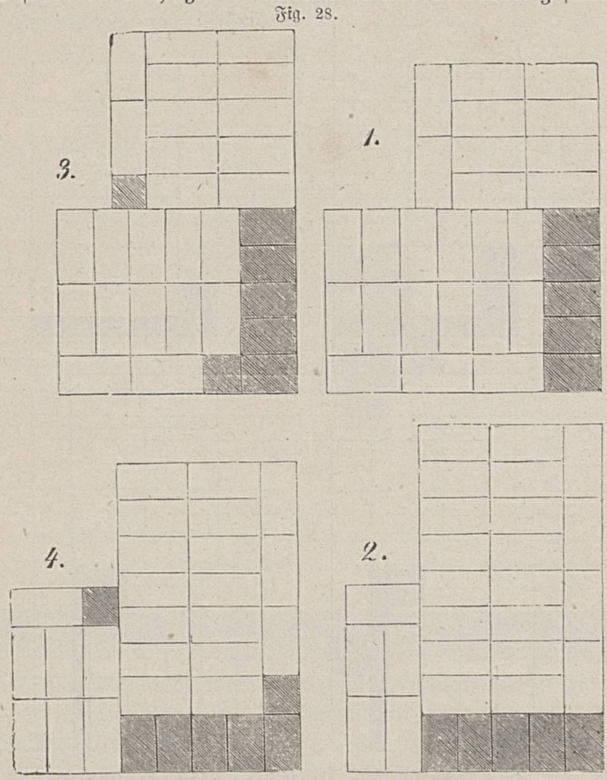
Bei diesem Verbande bleiben alle Binderschichten, und von den Läuferschichten eine um die andere, ganz dieselben wie bei dem Blockverbande, und die Verwechselung der Stoßfugen in den Läuferschichten wird dadurch hervorgebracht, daß zwei verschiedene solcher Schichten angebracht sind, deren Stoßfugen auf die Mitte der darunter und darüber befindlichen Läufer treffen.

Zur Herstellung des Eckverbandes bedient man sich wie bei dem Blockverbande der Kopfstücke und der Dreiquartierstücke. Wir geben als Beispiel in Fig. 27 einen Kreuzverband mit Anwendung von Kopfstücken, und in

Fig. 28 einen Kreuzverband mit Anwendung von Dreiquartierstücken, bei Mauern, deren Stärke nur durch halbe Steinlängen ohne Rest theilbar ist.

Die Anwendung der Dreiquartierstücke und halben Steine verdient bei diesen, wie bei allen anderen Verbänden, unstreitig den Vorzug vor der Anwendung der Kopfstücke. Wenn der Fugenwechsel der Läuferschichten bei dem Kreuzverbande eine größere Aufmerksamkeit des Maurers in Anspruch nimmt, so gewährt dagegen dieser Verband eine größere Festigkeit als der Blockverband und sollte bei wichtigen Bauwerken immer Anwendung finden.

Fig. 28.



Bei der Betrachtung von Eckverbänden, welche die Fig. 20 bis 28 darstellen, haben wir angenommen, daß die Mauern rechtwinkelig zusammentreffen und zugleich eine gleiche Stärke haben. Sind rechtwinkelig zusammentreffende Mauern von ungleicher Stärke, so ändert sich der Eckverband nicht wesentlich, indem derselbe sowol durch Anwendung von Kopfstücken, als auch durch Dreiquartiere gebildet werden kann. Werden Kopfstücke angewendet, so bilden diese immer die Beiecker der in der Richtung der Binder einer Schicht vorkommenden Ecksteine oder Ecker, die stets aus ganzen Steinen

bestehen. Soll der Eckverband durch Dreiquartiere gebildet werden, so wird nach der verschiedenen Stärke der zusammentreffenden Mauern auch die Anzahl der Dreiquartiere an den beiden Mauerhäuptern verschieden sein. Man beachte, daß, wie wir bereits früher angeführt haben, in der Richtung der nach der innern Mauerlinie durchgeführten Fuge am Ende der Mauer so viel Dreiquartiere neben einander gelegt werden, als die Mauer Steinbreiten zur Stärke hat.

Nehmen wir an, es treffe eine Mauer von anderthalb Steinstärke mit einer Mauer von dritthalb Steinstärke rechtwinkelig zusammen, so werden in der Richtung der ersteren Mauer drei Dreiquartiere, und in der Richtung der letzteren Mauer fünf Dreiquartiere, von der innern Mauerlinie aus, neben einander gelegt werden müssen, um den richtigen Eckverband herzustellen.

c. **Backsteinverband für Mauern, die unter spitzem oder stumpfem Winkel zusammentreffen.** Die Anordnung des Eckverbandes bei Mauern, die unter spitzem oder stumpfem Winkel zusammentreffen, muß nach den Regeln erfolgen, die im Allgemeinen giltig und uns bekannt sind. Es ist bei diesen Eckverbänden alle nur mögliche Aufmerksamkeit darauf zu richten, daß die Ecksteine jeder Schicht aus ganzen Steinen oder doch aus möglichst großen Steinstücken bestehen. Wir geben in Fig. 29 und 30 die Eckverbände von Mauern ungleicher Stärke, die unter spitzem Winkel in je zwei auf einander folgenden Schichten zusammentreffen. Es ist angenommen, daß diese Mauern aus gewöhnlichen Backsteinen gemauert, und daß Steine oder Steinstücke, welche nach der Anordnung des Verbandes eine spitzwinkelige Form haben müssen, von dem Maurer mit dem Hammer zugehauen werden. Es ist aus diesen Verbänden ersichtlich, daß alle Ecksteine aus ganzen Steinen bestehen, welche, von Schicht zu Schicht der Mauerlinien wechselnd, so gelegt sind, daß sie in der Richtung des Mauerhauptes, in der sie als Läufer erscheinen, einer durchgehenden Läuferreihe angehören, deren Stoßfugen durch die ganze Mauerstärke gehen und nur unterbrochen werden durch diejenigen Fugen der zusammentreffenden Mauer, welche nach den inneren Mauerlinien von Schicht zu Schicht abwechselnd durch die andere Mauer bis an die in der entgegengesetzten Richtung nach außen angelegte Läuferreihe gezogen sind. Mit Ausnahme der hinteren Fugen der als Läufer gelegten Ecksteine sind alle äußeren Stoßfugen rechtwinkelig gegen die Mauerlinien, und es fallen in die äußeren Mauerecken nur zwei Steine, der Eckstein nämlich und der Beiecker, welche genau spitzwinkelig bearbeitet werden müssen, während die übrigen Steine von spitzwinkeliger Form in dem Kern der Mauer sich befinden und einer genauen Bearbeitung um deswillen nicht bedürfen, weil etwa fehlende Theile durch den Mörtel ersetzt werden, ohne daß dies von Nachtheil wäre für die Festigkeit der Mauern.

Weiter geben wir in Fig. 31 den Eckverband von zwei Mauern verschiedener Stärke, die unter spitzem Winkel zusammentreffen, zur Vermeidung der äußeren spitzwinkeligen Ecke aber abgestumpft sind, und in Fig. 32 den Eckverband von zwei Mauern verschiedener Stärke, die unter stumpfem Winkel zusammentreffen.

Fig. 29. 30.

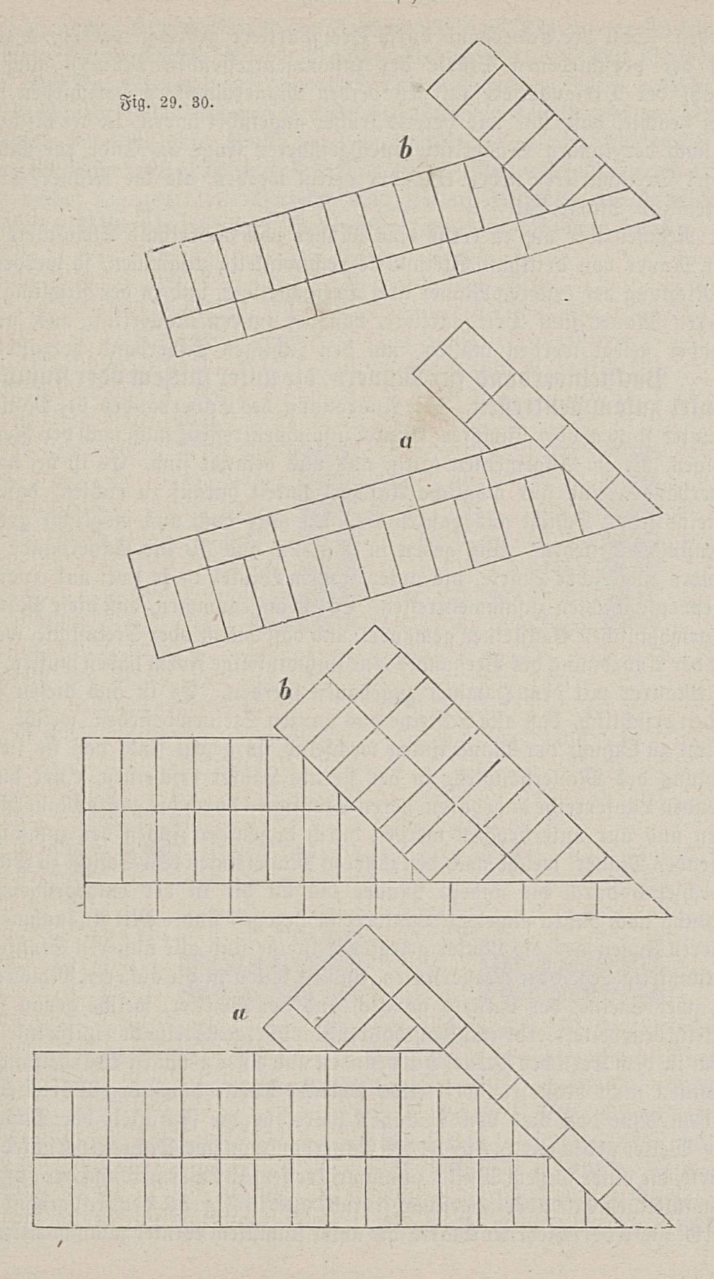
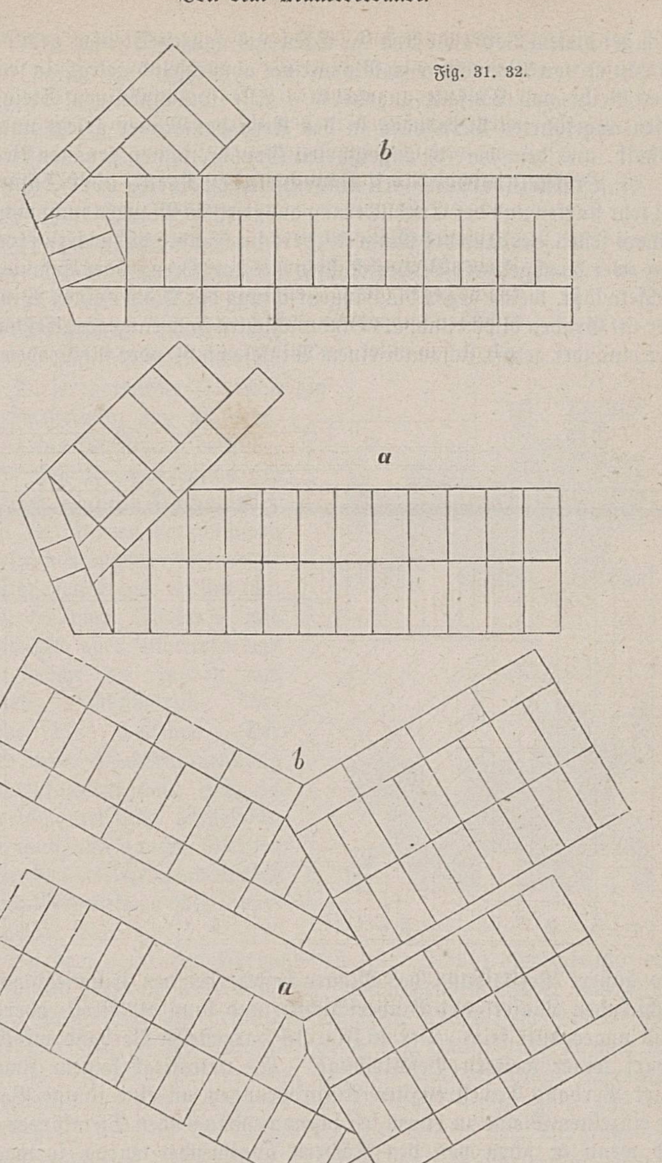


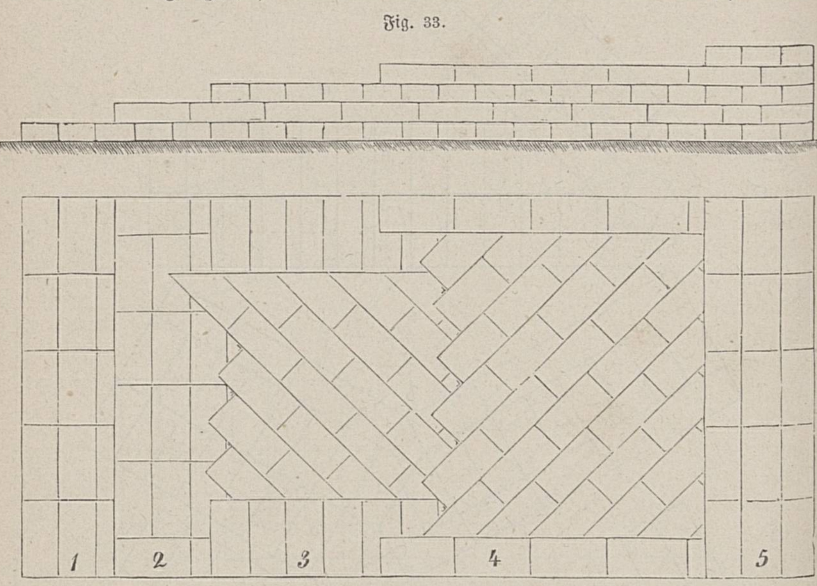
Fig. 31. 32.



Auch bei diesem Verbande sind die Ecken aus ganzen Steinen gebildet, welche, als Läufer von Mauerlinie zu Mauerlinie abwechselnd gelegt, in jeder Schicht einer Reihe von Läufern zugehören. Alle spitzwinkeligen Steine sind bei diesen angeführten Verbänden in den Kern der Mauer gelegt und bedürfen deshalb, aus dem bereits angeführten Grunde, keiner genauen Bearbeitung.

d. **Backsteinverband mit abwechselnden Kreuz- oder Schmieglagen.** Bei sehr starken und der Erschütterung ausgesetzten Mauern sucht man einen besonders festen Verband des Mauerkörpers im Innern dadurch zu erreichen, daß man zwei durchgehende Binderschichten mit zwei Kreuz- oder Schmieglagen abwechseln läßt, welche gegen die Längenrichtung der Mauer einen Winkel von 45 oder 60 Graden bilden und, als Binderschichten nach entgegengesetzter Richtung über einander gelegt, sich unter einem Winkel von 90 oder 60 Graden schneiden.

Fig. 33.

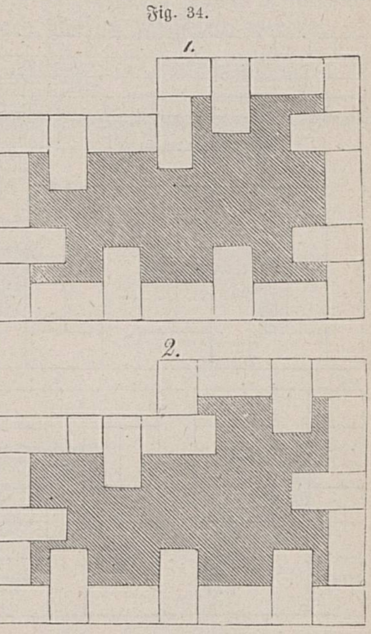


Die äußere Verkleidung der Mauer besteht bei den Schmieglagen aus abwechselnden Läufer- und Binderschichten und kann als Block- oder Kreuzverband angeordnet sein. Der in Fig. 33 dargestellte Verband mit Kreuzlagen bedarf keiner weitern Beschreibung. Es unterliegt keinem Zweifel, daß dieser Verband den strengsten Anforderungen an eine innige Verknüpfung der einzelnen Steine zu einem fest zusammenhängenden Steinkörper entspricht; und wenn er schon von den Römern angewendet wurde, so mag dies die beste Empfehlung dafür sein, ihn auch bei Hochbauten, wo er kaum gekannt ist, in Anwendung zu bringen. Wir haben in der Zeichnung dieses Verbandes die Richtung der Kreuzlagen unter einem Winkel von 45 Graden

gegen die Richtung der Mauer angenommen, weil wir die Verknüpfung der Kreuzlagen durch das Ueberschneiden unter einem Winkel von 90 Graden für gesicherter halten und wir darin keinen Nachtheil erkennen, daß die an die äußeren Verkleidungsschichten sich anschließenden Steine der Kreuzlagen in einem etwas spitzeren Winkel zugehauen oder geformt werden müssen, als dies bei der Richtung der Kreuzlagen unter einem Winkel von 60 Graden erforderlich ist.

e. **Der polnische Verband.** Alle Backsteinverbände, bei welchen nicht Binder- und Läuferschichten mit einander abwechseln, vielmehr in jeder Schicht Läufer und Binder neben einander vorkommen, werden als polnische oder gothische Verbände bezeichnet. Dieser gemischte Verband steht zur Herstellung von Mauern, welche ganz aus Backsteinen bestehen, dem Block- oder Kreuzverbande um deswillen nach, weil zur Deckung aller Stoßfugen im Innern der Mauern zu viel Steinstücke angewendet werden müssen. Dagegen eignet er sich zum Hintermauern von Quadern und zum Anblenden oder Plattiren von Mauern, welche im Innern aus Bruchsteinen, Gußmörtel oder Stampferde (Pisé) bestehen. Der Eckverband einer Maueranblendung wird am einfachsten nach Fig. 34 durch Dreiquartierstücke hergestellt, kann aber auch aus ganzen Steinen bestehen, neben welche abwechselnd Binder und Viertelsteine oder Quartierstücke gelegt werden.

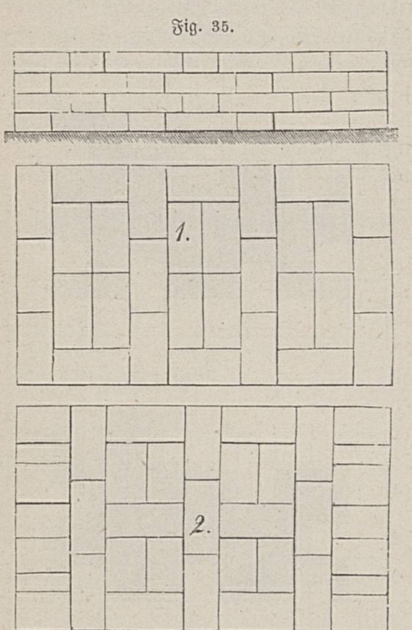
Fig. 34.



Die bei dem polnischen Verbande in jeder Schicht abwechselnd, jedoch regelmäßig und senkrecht über einander vorkommenden Läufer und Binder geben dem Mauerwerk ein gefälliges Ansehen; aus diesem Grunde findet dieser Verband noch häufige Anwendung bei dem Backsteinrohbau und wird sogar, wie wir später sehen werden, auf den Quaderverband übertragen. Bei der Anwendung des Verbandes auf Mauern, welche ganz aus Backsteinen bestehen, kann in der Regel die eine der in den Stoßfugen dem Blockverbande ähnlich wechselnden Schichten aus lauter ganzen Steinen hergestellt werden; zu der darauf folgenden Schicht werden aber immer Steinstücke in größerer Zahl als bei dem Block- und Kreuzverbande verwendet werden müssen. Die zweckmäßigste Anordnung des polnischen

Verbandes besteht darin, daß die Binder durch die ganze Mauerstärke gehen, und daß zwischen zwei Bindern nur ein Läufer sich befindet. Fig. 35 stellt diese Anordnung auf einen Mauerpfeiler angewendet dar, woraus ersichtlich ist, daß die erste Schicht aus lauter ganzen Steinen besteht, in der zweiten Schicht aber mehr Dreiquartierstücke als ganze Steine vorkommen und außerdem noch Kopfquartierstücke. Durch das Herausnehmen eines Läufers mit den darüber und darunter befindlichen Bindern entstehen bei diesem Verbande kreuzförmige Oeffnungen, ähnlich wie bei dem Blockverbande, wo über und unter den senkrechten Armen keine Stoßfugen an den die Oeffnung wagerecht abschließenden Läufern vorkommen.

Fig. 35.



f. **Verband mit hohlen Backsteinen.** Die Anwendung hohlgeformter Ziegelsteine war schon im Alterthum bekannt. So fand man in Pompeji die trockene Oberfläche für Freskomalereien durch eine solche Schicht hohler Ziegel hergestellt, und die Römer wendeten dieselben zur Herstellung von Warmluftkanälen, Trockenhaltung von Räumen und in ausgedehnter Menge in Form von Töpfen zur Ueberwölbung weiter Räume an.

Durch die Erfindung der Drainageröhrenpressen ist man in neuester Zeit auf die Konstruktion der Thonpressen für hohle Backsteine gekommen, welche es ermöglichen, hohle Ziegel der verschiedensten Form und zu den verschiedensten Zwecken zu einem Preise darzustellen, der demjenigen der vollen Backsteine im Verhältniß nahezu gleichkommt. Die Vortheile der Anwendung hohler Ziegel zur Herstellung von Isolirschichten gegen das Aufdringen der Grundfeuchtigkeit, sowie von Fußböden, welche warm und trocken bleiben sollen, zur Umwandung von Wohnräumen und solcher Lokalitäten, welche von der äußeren Temperatur möglichst unabhängig gemacht werden müssen (Bierkeller, Eiskeller ꝛc.); endlich auch zur Herstellung möglichst leichter Mauerkörper, Gewölbe und Decken, werden mehr und mehr erkannt und haben in kurzer Zeit zu einer ausgedehnten Verwendung dieses Materials geführt.

Gute hohle Backsteine müssen von sorgfältig geschlämmter, gleichmäßiger Thonmasse geformt, vorsichtig getrocknet und gut gebrannt sein, dürfen

sich beim Brennen nicht werfen oder rissig werden und müssen möglichst scharfkantig verbleiben. In Bezug auf Form und Größe werden hohle Ziegel in verschiedener Weise dargestellt. Die einfachste und praktischste Form für gewöhnliches Mauerwerk ist die unserer vollen Backsteine, also 25 cm lang, 12½ cm breit und 6 bis 7½ cm dick, wobei aber für den wechselnden Verband zwei Formen, für Läufer- und Binderschichten, nothwendig sind.

Wir geben in Fig. 36—44 verschiedene Hohlsteine für Umfangsmauern, Scheidewände und Gewölbe, wie solche in Pfungstadt bei Darmstadt von dem Ziegeleibesitzer Ludwig Scherrer bereits seit längeren Jahren in überaus gleichmäßiger, fester Waare zu sehr billigen Preisen dargestellt werden. —

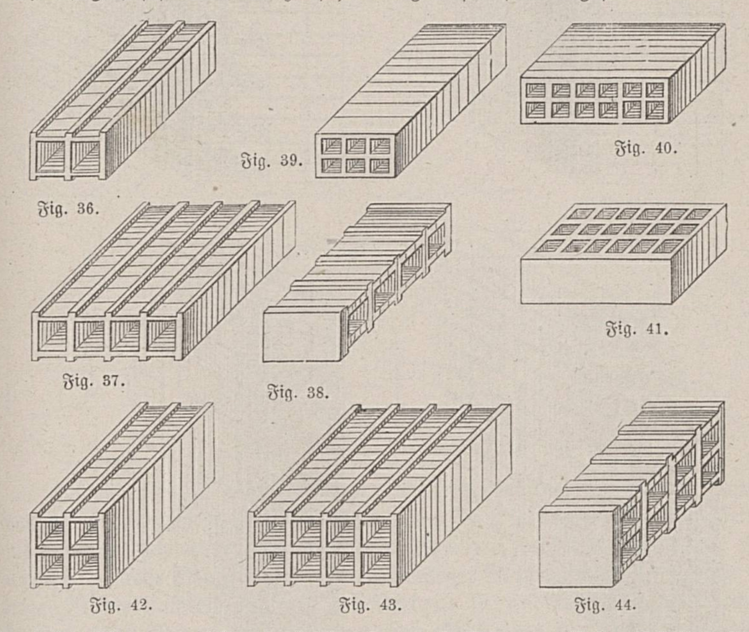
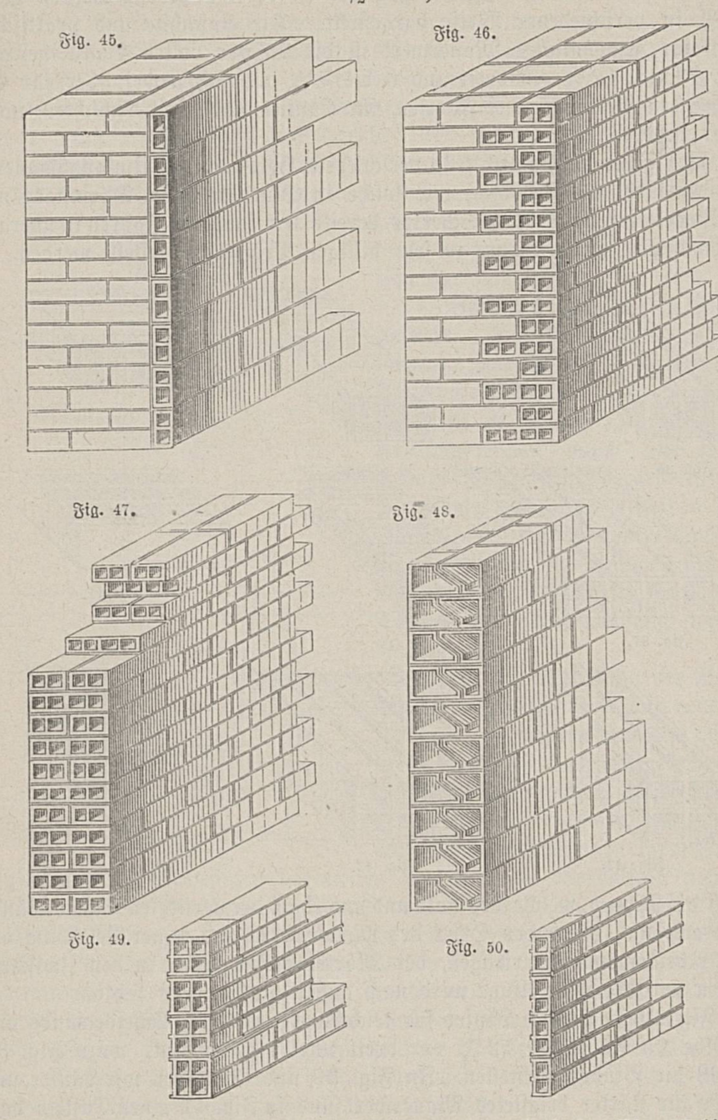


Fig. 36. Fig. 37. Fig. 38. Fig. 39. Fig. 40. Fig. 41. Fig. 42. Fig. 43. Fig. 44.

Durch die Rippen, welche oberhalb und unterhalb der vertikalen Scheidewände angebracht sind, wird der Druck des Mauerwerks und seiner Belastung auf diese Scheidewände übertragen, der Mörtel haftet besser in den Zwischenräumen und die Mörtelfuge wird nach außen hin weniger sichtbar.

Fig. 36 giebt den Läufer für leichtes Mauerwerk, Scheidewände und Gewölbe 25 cm lang, 12½ cm breit und 7½ cm dick, wozu Fig. 37 und 38 die Binder darstellen. In Fig. 39 und 40 haben wir Läufer und Binder für stärker belastetes Mauerwerk und in Fig. 41 einen Eckstein dargestellt, bei welchem die hohlen Oeffnungen in vertikaler Richtung gehen müssen. Fig. 42, 43 und 44 endlich geben die Läufer- und Bindersteine

für stark belastetes Mauerwerk, welche bei 25 cm Länge und $12\frac{1}{2}$ cm resp. 25 cm Breite eine Stärke von $12\frac{1}{2}$ cm haben.


Fig. 45. Fig. 46. Fig. 47. Fig. 48. Fig. 49. Fig. 50.

Einige Anwendungen hohler Backsteine geben wir in den Fig. 45 bis 50. Zur Herstellung von Isolirschichten können die hohlen Steine entweder nach

Fig. 45 auf die Hochkante gestellt und mit gutem Cementspeiß vermauert werden, oder, wie Fig. 46, in abwechselnden Läufer- und Binderschichten einen Bestandtheil der äußeren Mauer bilden. Die hohlen Schichten werden alsdann in einen Kanal zusammengeführt und durch diesen mit der äußeren Luft in Verbindung gebracht. Fig. 47 bringt den Verband einer 25 cm starken Mauer von Hohlsteinen in Läufer- und Binderschichten zur Ansicht, und Fig. 48 zeigt uns den Verband einer ebensolchen von sogenannten Roberts'schen Patentziegeln. In Fig. 49 und 50 geben wir endlich noch den Verband von Scheidemauern aus liegenden und auf die Hochkante gestellten Scherrer'schen Hohlsteinen.

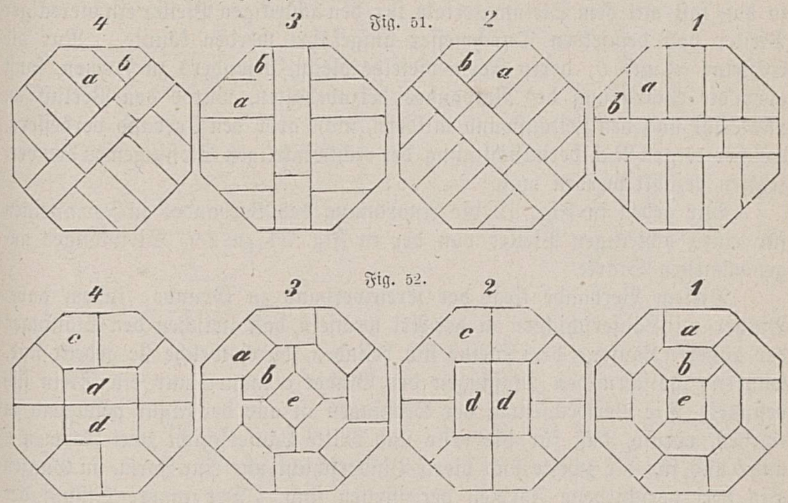


Fig. 51.

Fig. 52.

Haben wir die gebräuchlichen Backsteinverbände für gerade Mauern kennen gelernt, welche, für sich allein oder zur größern Fugenverwechselung mit einander verbunden angewendet, vollkommen ausreichend sind zur Aufführung gerader Längemauern und viereckiger Mauerpfeiler, so müssen wir unsere Aufmerksamkeit noch auf den Verband für andere Mauerwerke richten. Es sind dies Mauern, deren Form und Größe die Anwendung besonders geformter Steine zur Erzielung guten Verbandes geradezu vorschreiben.

g. **Verband für volle mehreckige und runde Pfeiler.** Da die Backsteine ohne erhebliche Kostenvermehrung in jede beliebige Form geschlagen werden können und der Preis derselben im Verhältniß steht zu ihrer Masse, so wird es selten gerechtfertigt erscheinen, wenn mit Verlust an Zeit und Material mehreckige oder runde Mauerwerke von gewöhnlichen Backsteinen aufgeführt werden, wo es sich bei der sorgfältigsten Anordnung des Verbandes in Bezug auf die Ueberdeckung der Stoßfugen von Schicht zu Schicht nie erreichen läßt, daß alle Stoßfugen rechtwinkelig oder central gegen

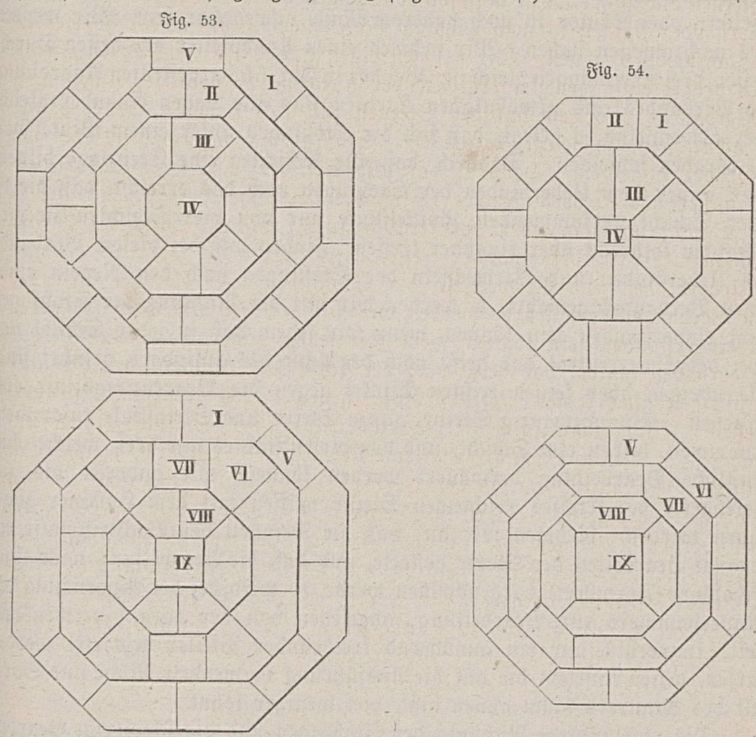
die äußeren Begrenzungslinien gerichtet sind. Betrachten wir in Fig. 51 den Verband eines achteckigen Pfeilers, wenn er mit gewöhnlichen Backsteinen aufgeführt werden soll, so wird die Anordnung des Verbandes den strengsten Anforderungen in Bezug auf die Verwechselung und das Ueberdecken der Stoßfugen sowie auch Dem entsprechen, daß in jeder Schicht möglichst viel ganze Steine vorkommen. Alle Ecksteine aber, acht in jeder Schicht, müssen nach der äußeren Form des Pfeilers zugehauen werden und davon die Hälfte, wegen fehlerhafter Richtung der Stoßfugen, unter einem spitzen Winkel. Zu dem nicht unbedeutenden Verluste der abgehauenen Steinmasse ist ein weiterer Abgang durch das Zerbrechen der Steine beim Zuhauen zu rechnen, so daß fast mit dem Steinmateriale für den achteckigen Pfeiler ein viereckiger Pfeiler von demselben Durchmesser aufgeführt werden könnte. Nur die Ecksteine *a* und *b*, deren Form dieselbe bleibt, besonders zu formen, sonst aber die Anordnung des Verbandes beizubehalten, würde den Verlust an Material und den Zeitaufwand mildern, nicht aber den Verband verbessern, welcher wegen Nichtberücksichtigung der rechtwinkeligen Stoßfugen zu den verfehlten gezählt werden muß.

Wir geben in Fig. 52 die Anordnung des Verbandes in Formsteinen für einen achteckigen Pfeiler von der in Fig. 51 zu $2\frac{1}{2}$ Steinlängen angenommenen Stärke.

Diesem Verbande liegt der Kreuzverband zu Grunde, indem dabei Binder- mit Läuferschichten in der Art wechseln, daß zwischen den Stoßfugen der äußeren Läufer *a* drei Steine sich befinden, durch welche sie gedeckt sind, während zwischen den Stoßfugen der Binder *c* immer nur ein Stein sich befindet. Die Verwechselung der Stoßfugen ist aus der Figur genügend zu ersehen, ebenso, daß für die erste und dritte Läuferschicht zwei Formen *a* und *b* und für die zweite und vierte Binderschicht nur eine Form, im Ganzen also drei verschiedene Formen herzustellen sind. Der innere Schluß der Läuferschichten besteht aus halben Steinen *e*, und der der Binderschichten aus ganzen Steinen *d*. Diese Anordnung entspricht streng den Regeln des Verbandes und bietet dem Maurer in der Ausführung durchaus keine Schwierigkeit dar, indem bei der Anlage einer Schicht die richtige Lage eines Steines die aller übrigen bestimmt, und eine für den Verband nachtheilige Verwechselung der Steine gar nicht gedacht werden kann. Selbstverständlich ist es, daß bei der Anordnung eines derartigen Formsteinverbandes darauf Rücksicht genommen werden muß, daß die Größe der Steine dem Garbrennen derselben nicht hinderlich wird.

Wir geben in den Fig. 53 und 54 ein weiteres Beispiel von Backsteinverbänden für achteckige Pfeiler. Diese Verbände kamen, nach der Angabe des Verfassers, bei dem Neubau einer Kirche in Anwendung, und es stellt Fig. 53 den Verband der Pfeilersockel von 1,25 m Durchmesser, und Fig. 54 den Verband der Pfeilerschäfte von 1 m Durchmesser dar. Bei dem Verbande für die Pfeilerschäfte Fig. 54 wechseln regelmäßig Läufer- mit

Binderschichten, und es besteht eine jede Schicht aus 25 Steinen. Zur Herstellung einer Binderschicht sind vier und zur Herstellung einer Läuferschicht fünf, im Ganzen also neun verschiedene Steinformen erforderlich. Der Verband für die Pfeilersockel, Fig. 53, konnte mit dem Verbande für die Pfeilerschäfte, Fig. 54, um deswillen nicht übereinstimmend angeordnet werden, weil Versuche mit dem Formen und Brennen der für den letzteren bestimmten Backsteine ergeben hatten, daß die Dimensionen der Formsteine nicht ohne Beeinträchtigung ihrer Festigkeit überschritten werden durften.



Es mußte aus diesem Grunde zur Bildung einer Sockelschicht eine größere Anzahl von Steinen angewendet werden, so daß, dem entsprechend, jede Schicht aus 33 Steinen besteht. In jeder Schicht kommen Läufer und Binder vor, so daß dieser Verband zu den gemischten zu zählen ist, während der Verband für die Pfeilerschäfte nach den Regeln des Blockverbandes angeordnet ist. Die Ecksteine mit ihren Beieckern sind in beiden Schichten Läufer und beziehungsweise gleich; durch eine Verwechselung ihrer Lage an verschiedenen Seiten des Achteckes greifen aber die breiteren Ecksteine I als Binder über die schmäleren Beiecker V. In der einen Schicht befinden sich fünf verschiedene

Formsteine, von denen zwei auch bei der zweiten Schicht Anwendung finden und so bei letzterer nur noch vier von anderer Form hinzutreten. Es sind demnach bei einer größeren Anzahl von Steinen bei dem Sockelverbande, Fig. 53, doch nicht mehr Steine von verschiedener Form erforderlich, als bei dem Verbande für die Pfeilerschäfte, Fig. 54, welcher aus einer geringeren Anzahl von Steinen angeordnet ist.

Was wir gegen das Aufführen mehreckiger Pfeiler aus gewöhnlichen Backsteinen angeführt haben, muß folgerichtig gegen das Aufführen von runden Pfeilern oder Säulen in noch höherem Maße anwendbar sein. Wir werden dies nachzuweisen suchen. Wir nehmen einen Rundpfeiler an, dessen Durchmesser drei Steinlängen gleich ist. Bei der in Fig. 55 dargestellten Anordnung des Verbandes aus gewöhnlichen Steinen sind alle Lagen einander gleich, aber abwechselnd so gelegt, daß sich die Stoßfugen unter einem Winkel von 45 Graden schneiden. Dadurch, daß alle Schichten eine Kreuzlage bilden, wird außer dem Ueberbinden der Stoßfugen noch das erreicht, daß die in jeder Schicht vorkommenden Zwickelstücke nur von vier Schichten zu vier Schichten lothrecht über einander treffen. Finden wir bei diesem Verbande das Ueberbinden und Verwechseln der Stoßfugen nach den Regeln eines guten Verbandes gewahrt, so werden wir mit der Richtung der Stoßfugen nicht einverstanden sein können, wenn wir sehen, daß in jeder Schicht nur zwei derselben central, das heißt nach der Achse des Cylinders, geführt sind, alle übrigen aber keinen rechten Winkel gegen die Begrenzungslinie einschließen. Einundzwanzig Steine, ganze Steine und Steinstücke zusammengenommen, bilden eine Schicht, und von diesen sind es nur drei, welche ohne künstliche Bearbeitung vermauert werden können; alle anderen bis zur Peripherie des Kreises reichenden Steine müssen mit dem Hammer zugehauen werden. Nehmen wir an, daß die Reinheit der Backsteinmasse ein genaues Bearbeiten der Steine gestatte, und daß die Bearbeitung nach einer Schablone (Formbret) vorgenommen werde, so wird bei der Anwendung des Mauerhammers zur Bearbeitung, abgesehen von der darauf verwendeten Zeit, immerhin nur ein annähernd kreisrunder Pfeiler erwartet werden dürfen, dessen Ansehen die auf die Ausführung verwendete Mühe und Sorgfalt des Maurers kaum ahnen läßt, viel weniger lohnt.

Die regelwidrige Richtung der Stoßfugen und die schwierige Bearbeitung der in die Peripherie des Kreises reichenden Steine, verbunden mit einer sehr unvollkommenen Darstellung der äußern Form, müssen wir als diejenigen Mängel bezeichnen, welche bei der Aufführung von Rundpfeilern aus gewöhnlichen Backsteinen auch durch die sinnreichste Anordnung des Verbandes nicht beseitigt werden können. Wie der Verband eines Rundpfeilers von demselben Durchmesser, wie der in Fig. 55 dargestellte, aus Formsteinen anzuordnen wäre, geben wir in Fig. 56. Nach den Regeln des Kreuzverbandes sind wechselnde Läufer- und Binderschichten in Ringform angenommen und so geordnet, daß die in einer Lothrechten über einander stehenden Stoßfugen

der Binderschichten durch einen Stein und die lothrecht über einander stehenden Stoßfugen der Läuferschichten durch drei Steine überdeckt sind. Zwei Läuferschichten 1 und 3 mit durchgehenden Stoßfugen umschließen einen Kern, welcher aus viertelkreisförmigen Steinen besteht. Die äußere Binderschicht besteht aus der doppelten Anzahl der in der äußern Läuferschicht enthaltenen Steine, während die innere Binderschicht eine gleiche Anzahl Steine wie die Läuferschicht hat, so daß die Stoßfugen von je zwei der äußeren Binder mit den Stoßfugen der inneren Binder durchgehen, welche letztere einen kreisrunden Kernstein umschließen.

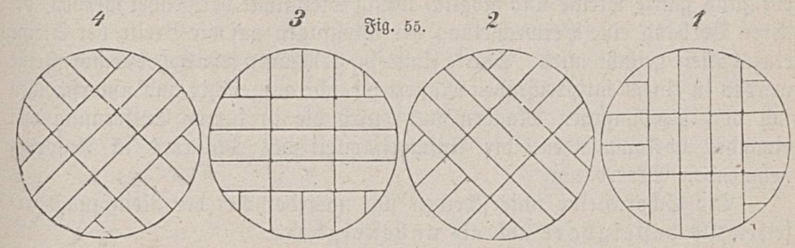


Fig. 55.

Die Binderschichten sind unter sich gleich, ebenso die Läuferschichten, und es wird der Kreuzverband, wie aus Fig. 56 zu ersehen, durch eine entsprechend veränderte Richtung der Stoßfugen erreicht. Zu jeder Schicht gehören drei schveriedene Steinformen, welche für jede Schicht unter sich gleich sind.

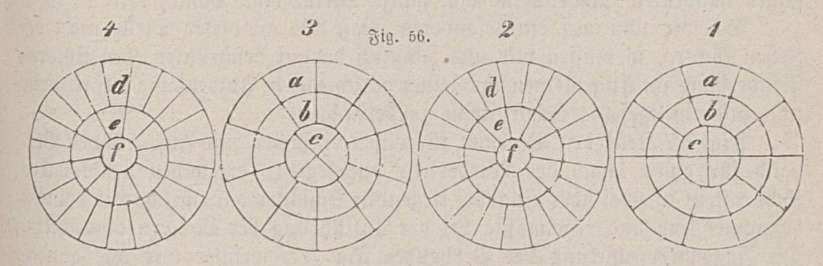


Fig. 56.

Wir haben den äußern Läufer mit *a*, den innern Läufer mit *b* und den Viertelkreisstein zur Läuferschicht mit *c*, ferner den äußern Binder mit *d*, den innern Binder mit *e* und den kreisrunden Kernstein mit *f* bezeichnet.

Die Säulen im Innern der katholischen Kirche zu Darmstadt sind in einem ähnlichen, von dem verstorbenen Oberbaudirektor Moller angeordneten Verbande aus Backsteinen aufgeführt und zeichnen sich durch Festigkeit und Schönheit gleich vortheilhaft aus. Es möchte die Bemerkung hier nicht ohne Werth sein, daß diese stark verjüngten Säulen in mehreren senkrechten, genau cylindrischen Sätzen aufgemauert wurden, welche, in horizontalen Absätzen zurückgesetzt, nach oben immer kleinere Durchmesser haben, so daß eine über die Oberkanten dieser Mauersätze gezogene gerade Linie mit der äußern

Begrenzungslinie des Verputzes parallel läuft. Durch diese senkrechten Mauersätze wurde das Aufmauern der Säulen sehr vereinfacht und zugleich ein sehr fester Anschluß des Verputzes erreicht.

h. **Schornsteinverband.** Die Umfassungsmauern der zur Abführung des Rauches dienenden, meist senkrechten Röhren, welche Schornsteine, Schlöte oder Kamine genannt werden, bestehen in der Regel aus schwachen Mauern von der Stärke eines halben Steines, und die Form und Größe der Steine richtet sich nach dem Querschnitte und der Weite der Röhren, derart, daß zu einfachen Röhren nur ganze Steine und zu zusammengesetzten Röhren ebenfalls ganze Steine und möglich wenig Steinstücke verwendet werden, bei deren Verband eine Verwechselung der Stoßfugen auf die Breite der Steine einzuhalten gesucht wird. Starke Umfassungsmauern sehr hoher Schornsteine werden in einem entsprechenden Mauerverbande aufgeführt und unterscheiden sich von gewöhnlichen Mauern nur durch die in kurzer Entfernung von einander vorkommenden, die Aufmerksamkeit des Maurers in Anspruch nehmenden Eckverbände.

Die Schornsteine unterscheiden sich nach der Art der Reinigung derselben als besteigbare und als unbesteigbare.

Die Weite der besteigbaren Schornsteine ist in jedem Lande gesetzlich vorgeschrieben und dadurch zugleich die Größe der zur Ummauerung in Anwendung kommenden Steine, der sogenannten Kaminsteine, deren Länge beinahe allgemein danach eingerichtet wird, daß zur Ummauerung eines einfachen quadraten Schornsteins acht ganze Steine eine Schicht bilden.

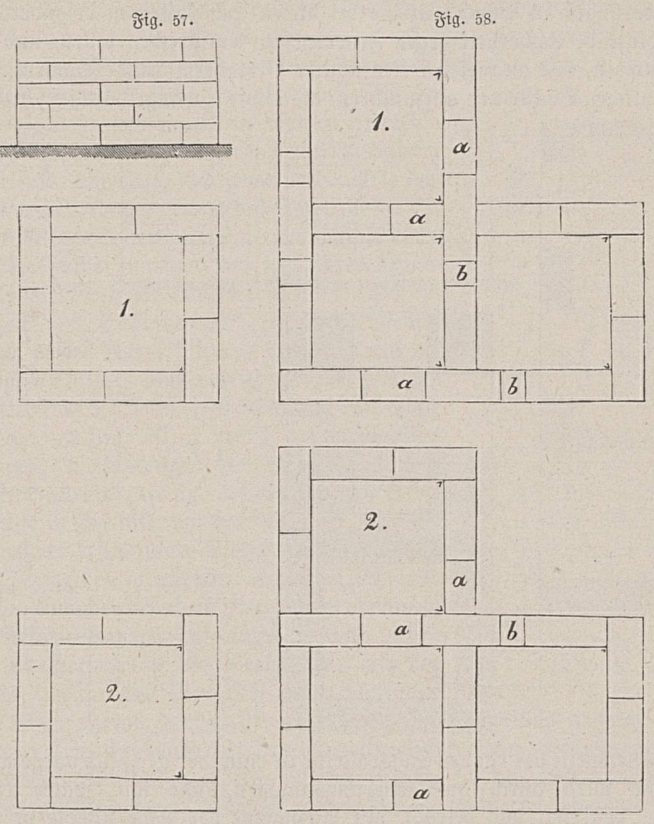
Da wir nun auf ein besonderes Maß uns an dieser Stelle nicht beziehen können, so müssen wir uns lediglich darauf beschränken, den Schornsteinverband im Allgemeinen nach seiner verschiedenen Anwendung auf einfache und zusammengesetzte Schornsteine zu betrachten.

Fig. 57 stellt den Verband für einen einfachen und Fig. 58 den Verband für einen, nach der Wiederkehr angelegten, dreifachen besteigbaren Schornstein in zwei über einander liegenden Schichten dar, welche mit 1 und 2 bezeichnet sind und regelmäßig bei der Aufführung der Mauern abwechseln. Die Fugenverwechselung des Verbandes Fig. 57, welcher nur aus ganzen Steinen besteht, wird durch das Verlegen der Ecksteine nach entgegengesetzter Richtung von Schicht zu Schicht erreicht, so daß alle Stoßfugen der abwechselnden Schichten in einer Lothrechten stehen.

Bei dem Verbande für den dreifachen Schornstein, Fig. 58, müssen die inneren Mauern, welche die Rauchröhren von einander trennen und in gleicher Stärke mit den Umfassungsmauern aufgeführt werden, die sogenannten Zungen, in die Umfassungsmauern so eingreifen, daß in abwechselnden Schichten nach der Richtung der Zungen ganze Steine als Binder durchgehen und diese Binder wieder in der darauf folgenden Schicht durch ganze Steine der Umfassungsmauern gedeckt werden. Der Verband der Zungen- und Umfassungsschichten wird durch Dreiquartierstücke *a* und Quartierstücke *b* erreicht,

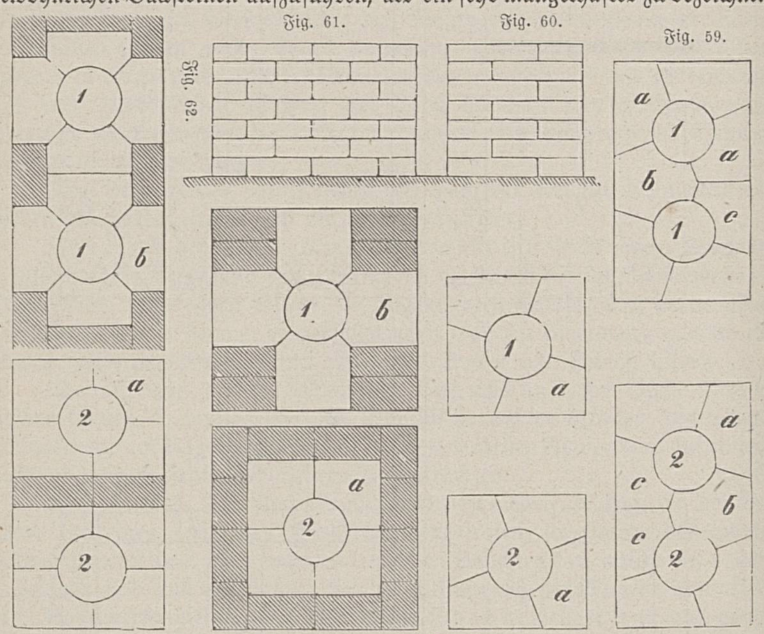
während die Verbände aller äußeren Ecken, wie bei dem Verbande für den einfachen Schornstein, nur aus ganzen Steinen bestehen. Wird bei dem Schornsteinverbande als Regel von dem Eckverbande mit ganzen Steinen ausgegangen, so ergiebt sich daraus die Anordnung der abwechselnd durchgreifenden Zungenbinder von selbst, und es wäre deshalb überflüssig, den in Fig. 57 und 58 mitgetheilten Beispielen noch weitere hinzuzufügen. —

Fig. 57. Fig. 58.



Gehen wir zur Betrachtung des Verbandes für unbesteigbare Schornsteine über, welche unter dem Namen der russischen oder schwedischen Schornsteine bekannt sind, so bemerken wir voraus, daß diese nur zur Ableitung des Rauches angelegten Schornsteine, sowol aus Rücksicht auf eine vollständige Reinigung derselben durch die von oben eingebrachten und durch das Gewicht einer Kugel abwärts gezogenen Besen oder Bürsten, als auch aus Rücksicht auf die Beförderung eines lebhaften Luftzugs von der Feuerstelle aus durch die Rauchröhre, im Innern kreisrund sein müssen, und daß wir aus

diesem Grunde nur diese Form des Querschnitts berücksichtigen werden. Kommen, wie dies bei Luftheizungen der Fall ist, enge Röhren von quadrater oder oblonger Durchschnittsfläche vor, so richtet sich der Verband nach den Abmessungen der Lichtenweite der Röhren und besteht in einer möglichst einfachen Verwechselung der Stoßfugen. Wir nehmen an, daß runde Schornsteine aus besonders dazu geformten Steinen aufgeführt werden müssen, wenn sie den Anforderungen in Bezug auf die bei diesen Schornsteinen besonders zu berücksichtigende Sicherheit gegen Feuersgefahr entsprechen sollen, und können nicht umhin, das an vielen Orten übliche Verfahren, runde Schornsteine mit gewöhnlichen Backsteinen aufzuführen, als ein sehr mangelhaftes zu bezeichnen.

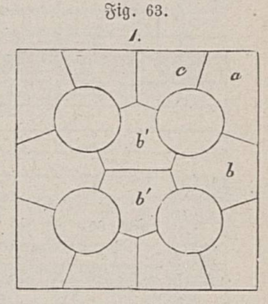


Die Lichtenweite der runden Schornsteine ist entweder gesetzlich vorgeschrieben, oder sie wird durch die Feuerungsanlagen, wie wir später erfahren werden, bestimmt und beträgt, mit Ausnahme der Schornsteine für Kesselfeuerungen von Dampfmaschinen, zwischen $17\frac{1}{2}$ und 30 cm. Lassen wir die Schornsteine für Dampfmaschinenfeuerung außer Betracht, so wird eine Verschiedenheit in der Lichtenweite ohne Einfluß auf den Verband sein. Wir werden demnach nur zu unterscheiden haben, ob die Schornsteine freistehend oder in Mauern aufgeführt werden. Für freistehende runde Schornsteine wird der Verband am einfachsten nach Fig. 59 und 60 angeordnet. Bei einfachen Schornsteinen bestehen nach Fig. 60 die unter sich gleichen Schichten aus vier ganz gleichen Steinen a, deren Stoßfugen nach dem

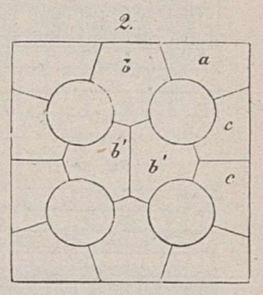
Mittelpunkte des innern Kreises, sonach central, gerichtet sind, und für zwei an einander gelegte Steine von der einen nach der gegenüber befindlichen andern Seite der äußern Begrenzung in gerader Linie durchgehen. An den Außenkanten gemessen, beträgt die Länge der gleichen Steine $^2/_3$ und die Breite $^1/_3$ der Seiten des Quadrates der äußern Begrenzung. Durch die Verwechselung der Stoßfugen von Schicht zu Schicht nach Fig. 60, 1 und 2 wird ein Verband hergestellt, welcher nicht besser gedacht werden kann, denn es treffen, wie aus der Ansicht Fig. 60 zu ersehen, die sämmtlichen Stoßfugen auf die Mitte der darüber und darunter liegenden Steine.

Fig. 63.

1.



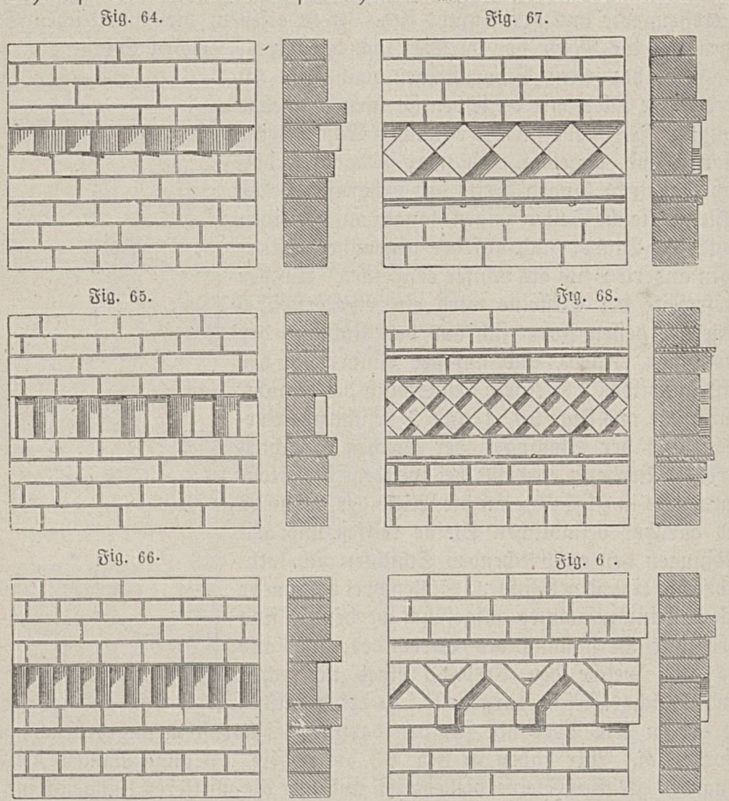
2.



Bei doppelten Schornsteinen nach Fig. 59 werden die Ecken mit denselben Steinen *a*, welche nach dem Verbande für die einfachen Schornsteine geformt sind, angelegt, und zwar in der Art, daß nach der einen langen Seite des Schornsteins die Ecksteine gleiche Seiten zeigen, sonach auf der einen Seite als Binder und auf der gegenüber befindlichen andern Seite als Läufer erscheinen. Auf der Läuferseite der Ecksteine wird ein Binderstein *b* eingelegt, dessen Form sich aus der Richtung der Stoßfugen ergiebt, und auf der Binderseite der Ecksteine bilden 2 Steine *c* den Schluß der Schicht. Durch die aus Fig. 59, 1 und 2 ersichtliche Verwechselung der Stoßfugen der gleichen Schichten wird ein Verband erreicht, bei welchem die Stoßfugen, wie in Fig. 60, auf die Mitte der darunter und darüber befindlichen Steine treffen und alle Stoßfugen der entsprechenden Schichten sich lothrecht über einander befinden. Sollen drei oder mehr Schornsteine zusammen aufgeführt werden, so sind dabei zur Herstellung des Verbandes, wie aus Fig. 63, welche den Verband eines vierfachen runden Schornsteins dargestellt, zu ersehen ist, Steine von anderer Form, als der zu dem Verbande für den doppelten Schornstein angegebenen, nicht erforderlich. Wir haben in Fig. 63 die in Fig. 59 angenommene Bezeichnung der gleichen Steine beibehalten und nur die mittleren Zungensteine mit *b'* bezeichnet, weil es Steine von der Form *b* sind, welche mit dem Mauerhammer etwas kürzer gehauen werden müssen.

Daß bei dem erwähnten Verbande für freistehende runde Schornsteine nur drei Steinformen zur Ausführung mehrfach mit einander verbundener Schornsteine erforderlich sind, läßt ihn als besonders empfehlenswerth erscheinen. Verbände für runde Schornsteine, welche in Mauern aufgeführt werden, geben wir in Fig. 61 und 62. Die Anordnung beider Verbände ist darin übereinstimmend, daß in der einen Schicht jeder Stein vier Stoßfugen

hat, und zwar zwei, welche centrisch, und zwei, welche rechtwinkelig gegen die Begrenzungslinie der Mauer gerichtet sind. Bei Fig. 61 ist angenommen, daß ein einfacher runder Schornstein in einem isolirten Mauerpfeiler sich befinde, während in Fig. 62 zwei runde Schornsteine in einer Längemauer in einiger Entfernung von einander aufgeführt gedacht sind. Die Größe der zur Aufführung der Schornsteine verwendeten Formsteine ist hier danach bestimmt, daß der Schornsteinverband einen Bestandtheil des Mauerverbandes mit ausmacht.


Fig. 64. Fig. 67. Fig. 65. Fig. 68. Fig. 66. Fig. 6 .

i. **Verband von Backsteingesimsen.** Da man in vielen Gegenden durch den Mangel und die zu kostspielige Beschaffung natürlicher Steine auf die ausschließliche Anwendung gebrannter Steine angewiesen ist, so bildete sich in diesen Gegenden der Backsteinrohbau aus, bei welchem nicht nur die Mauern, sondern auch die Fensterumschließungen, Gurten und Gesimse in mannichfaltiger Weise durch gewöhnliche oder besonders geformte Backsteine hergestellt sind. Aber auch in Gegenden, wo natürliche Steine minder schwer zu erhalten sind, bietet der Backstein dadurch, daß er eine schnellere

Ausführung und schwächere Mauern zuläßt, die rascher trocknen und gesundere Wohnräume ergeben, wesentliche Vortheile gegen die Anwendung der Bruchsteine und hat fast überall durch die Leichtigkeit und Billigkeit seiner Herstellung und Verwendung den Vorzug vor dem Bruchsteinmaterial erlangt.

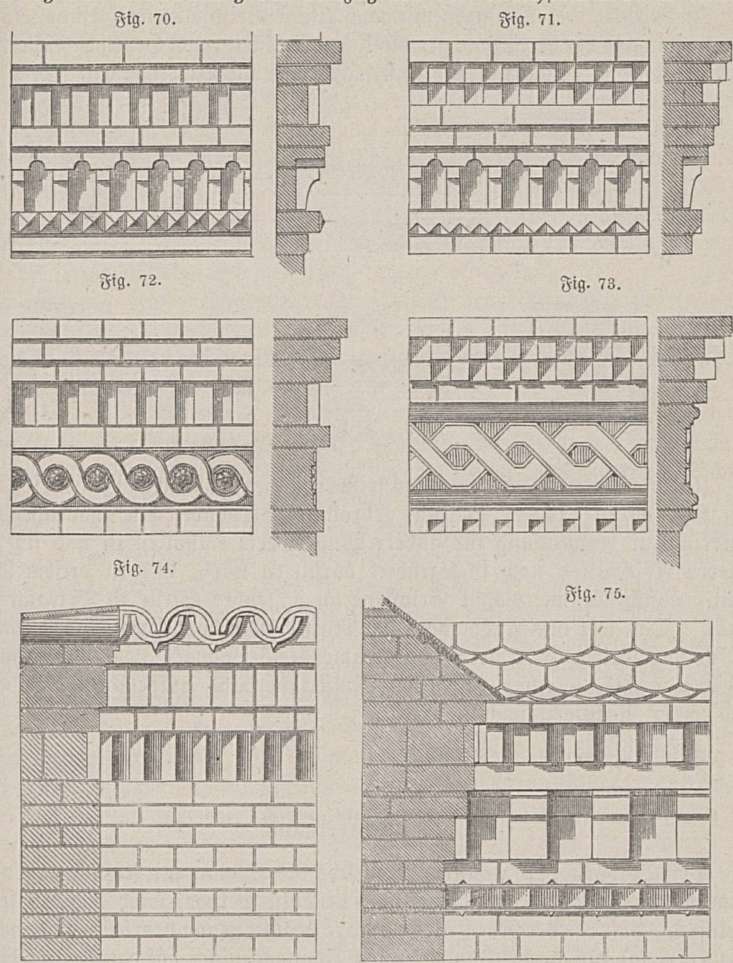
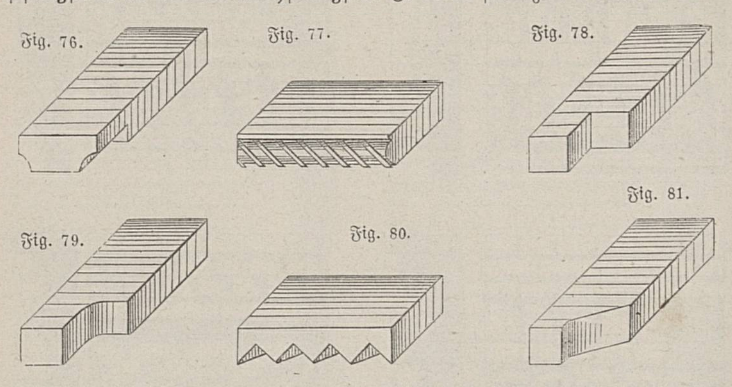


Fig. 70. Fig. 71. Fig. 72. Fig. 73. Fig. 74. Fig. 75.

Besonders zur Herstellung von Gurten, Friesen und Gesimsen bietet der Backstein ein unschätzbares Material und findet hierfür bereits eine ausgedehnte Anwendung. In Fig. 64, 65 und 66 geben wir Beispiele von Backsteingurten, welche von gewöhnlichen Backsteinen hergestellt werden, und in Fig. 67, 68 und 69 solche, bei welchen außer den gewöhnlichen

Backsteinen und Dachziegeln noch besonders geformte Gesimssteine zur Anwendung gebracht sind. — Fig 70, 71, 72 und 73 geben Beispiele von Hauptgesimsen unterhalb der Dachgesimse, und Fig. 74 und 75 Krönungsgesimse für Mauern und Façaden.

In Fig. 76 bis 81 fügen wir noch einige Beispiele von Gesimssteinen bei, wie solche in der Größe der gewöhnlichen Backsteine von Herrn L. Scherrer in Pfungstadt in den mannichfaltigsten Formen fabrizirt werden.


Fig. 76. Fig. 77. Fig. 78. Fig. 79. Fig. 80. Fig. 81.

Uns noch weiter mit den Backsteinverbänden zu beschäftigen, erscheint unnöthig, da in den zur Sprache gebrachten Verbänden ein ausreichendes Material zur Anwendung für andere Mauerwerke enthalten ist und sich in späteren Abschnitten noch Gelegenheit darbieten wird, das in diesem Abschnitte absichtlich unerwähnt Gelassene an passender Stelle in Betracht zu ziehen. Daß wir das Ausmauern der Riegelgefache von Holzwänden sowie das noch zuweilen in Anwendung kommende Vermauern oder Verblenden derselben nicht als einen besondern Backsteinverband aufgenommen haben, wird keiner Rechtfertigung bedürfen.

B. Haussteinverband.

Der Verband von Hausteinen, welche als Steine zur Aufführung von Mauern auch Quader- oder Werkstücke genannt werden, wird dadurch sehr vereinfacht, daß bei der bedeutenden Stärke der mit genau bearbeiteten Lagern versehenen und gleichmäßig unterstützten Steine weniger auf das Verwechseln der Stoßfugen mit mehreren Zwischenschichten, als auf das Ueberdecken derselben von Schicht zu Schicht Rücksicht genommen werden muß. Dies setzt jedoch voraus, daß die Lagerflächen der Steine bei senkrechten Mauern rechtwinkelig gegen das Haupt, und bei Mauern mit Böschung normal gegen die Richtung des auf die Mauer wirkenden Drucks bearbeitet werden.

Das Unterarbeiten der Lagerflächen ist bei Häusteinen um so weniger zulässig, weil Quadermauern nur bei schwer belasteten oder der Erschütterung ausgesetzten Bauwerken oder als eine fugendichte Verkleidung von Mauern, deren Kern aus einem andern Material besteht, Anwendung finden. Muß das unterarbeitete Lager von Quadern mit Zwicksteinen unterfüttert werden, so wirkt die Belastung nur auf die Vorderkante der Quadern und auf die einzelnen Punkte, wo die Zwicksteine untergetrieben sind, und die unausbleibliche Folge davon ist das Absprengen der Steine an den Vorderkanten sowie das Hohlliegen der Steine, weil der darunter befindliche Mörtel nicht zusammengepreßt werden kann und beim Trocknen und Erhärten schwindet. Daß unter allen Umständen die Quadern nicht auf das Haupt gestellt werden dürfen, sondern auf ihr natürliches Lager gelegt werden müssen, ist eine der ersten Anforderungen, welcher selbst bei der Quaderverkleidung (Plattirung) von Mauern aus anderen Steinen entsprochen werden muß.

Mit der Bearbeitung der Quadern, welche dem Steinhauer zusteht, haben wir uns nicht zu beschäftigen, wol aber wird es nicht überflüssig sein, eine kurze Bemerkung über die Größenverhältnisse derselben unserer Betrachtung über den Verband vorausgehen zu lassen. Die Größe der Quadern im Allgemeinen richtet sich theils nach den Verhältnissen derselben zu den übrigen Theilen eines Bauwerkes, so daß die Mauern, als Zierde des Bauwerks betrachtet, den Anforderungen der Schönheit genügen, theils nach dem Schutze, welchen Quadermauern gegen das Eindringen der Nässe sowol als auch gegen Beschädigung durch den Stoß fester Körper gewähren, so daß sie den Anforderungen der Festigkeit und Dauer entsprechen sollen. Da nun aber im Bauwesen vor Allem im Auge behalten werden muß, bei jeder Aufgabe den vorliegenden Zweck mit den geringsten Mitteln zu erreichen, so wird bei der Bestimmung der Größe der einzelnen Mauerbestandtheile, hier der Quadern, die Mächtigkeit der Bänke in den Steinbrüchen, aus welchen die Quadern bezogen werden müssen, von entscheidendem Einflusse sein. Einen Verband von Quadern in solcher Größe, wie die Steine in den Brüchen nur ausnahmsweise vorkommen, aus Laune oder übel verstandener Auffassung der gestellten Aufgabe, an umfassenden Bauwerken durchzuführen, hat unausbleiblich eine in seltenen Fällen gerechtfertigte Vermehrung der Kosten und eine Verzögerung der Ausführung zur Folge. Ist die Höhe der Quadern nach der Mächtigkeit der Bänke in den Steinbrüchen der Bezugsorte bestimmt, so ist dagegen das Verhältniß der Länge der Steine zu ihrer Höhe nach der Festigkeit der Steinart zu richten. Bei nicht sehr festen Sandsteinen wird das Doppelte der Höhe, bei festen, lagerhaften Sandsteinen das Dreifache, bei Marmor das Vierfache und bei Granit das Fünffache der Höhe der Steine zu ihrer Länge angenommen werden können. Die Breite der Steine darf nie geringer sein als ihre Höhe und geht bei Läufern bis zum Doppelten der Höhe.

Die Quadermauern bestehen entweder ganz aus Quadern, oder es sind nur die beiden Mauerhäupter mit Quadern aufgeführt; das Innere der

Mauer dagegen, der Kern, ist mit anderen Steinen ausgemauert, oder es bilden die Quadern nur die äußere Verkleidung einer aus anderen Steinen aufgeführten Mauer. Nach dieser verschiedenen Anwendung der Quadern, für sich allein oder in Verbindung mit Mauerwerk aus anderen Steinen, werden wir den Quaderverband zu betrachten haben.

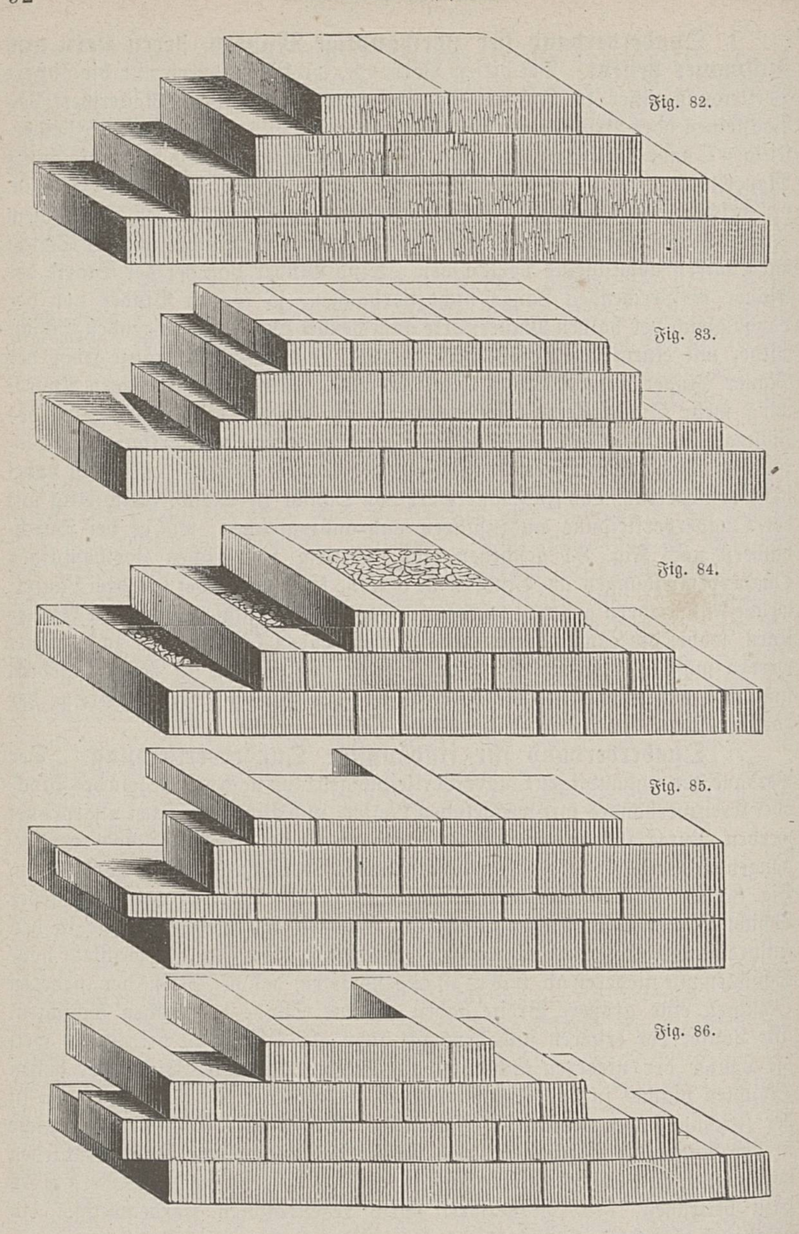
a. **Quaderverband für Mauern, welche ganz aus Quadern bestehen.** Der einfachste Verband ergiebt sich, wenn die Breite der Quadern der Mauerstärke gleich ist. Haben die Steine nach Fig. 82 eine gleiche Länge, so sind alle Schichten Binder- und Läuferschichten, und es werden die Stoßfugen nach Fig. 82 von Schicht zu Schicht so verwechselt, daß sie auf die Steinmitte der vorhergehenden und der darauf folgenden Schicht treffen. Haben die Steine eine ungleiche Länge, so ist darauf zu sehen, daß alle Stoßfugen gedeckt werden und dabei die Decksteine mindestens auf eine Länge gleich der Hälfte ihrer Höhe über die Stoßfugen greifen.

Mauern von bedeutender Stärke aus Steinen von gleicher Höhe werden entweder mit wechselnden Binder- und Läuferschichten nach den Regeln des Block- oder Kreuzverbandes, oder mit Läufern und Bindern in jeder Schicht, nach dem polnischen Verbande, aufgeführt. Die Anwendung der Verbände mit Bindern und Läufern in jeder Schicht verdient bei Quadermauern den Vorzug vor den Verbänden mit wechselnden Binder- und Läuferschichten. Wechselnde Quaderschichten von verschiedener Höhe und Breite bieten Gelegenheit zu mannichfaltiger Anordnung des Verbandes. Wir geben in Fig. 83 den Verband einer Quadermauer mit abwechselnden Schichten von verschiedener Höhe, welche nur aus Läufern bestehen. Bei den hohen Schichten ist die Breite von zwei Steinen, bei den niederen Schichten ist die Breite von drei Steinen gleich der Stärke der Mauer, und die Länge der Steine in den hohen Schichten beträgt das Doppelte der Länge der Steine in den niederen Schichten.

Die Stoßfugen nach der Länge und Breite der Mauer gehen in den Schichten von gleicher Höhe ohne Verwechselung durch, sind aber in den Schichten von ungleicher Höhe so verwechselt, daß alle Stoßfugen auf die Mitte der Steine in der darüber und darunter befindlichen Schicht treffen. Die Steine der hohen Schicht greifen als Binder über zwei Steine der niederen Schicht hinweg, und es wird dadurch diese für sich als Läuferschicht angelegte Schicht, in ihrem Verbande bezüglich der niederen Schicht, eine Binderschicht. Denken wir uns die Steine der niederen Schichten aus Bindern von der Länge gleich der Stärke der Mauer bestehend, so würden dadurch die Steine der hohen Schichten zu Läufern. Die Größe der Steine ist maßgebend für den Verband einer Mauer von einer gewissen Stärke, und da die bereits bekannten Regeln des Backsteinverbandes auch bei der Anordnung des Quaderverbandes Anwendung finden, so glauben wir die Anordnung weiterer Verbände für Mauern, welche ganz aus Quadern bestehen, dem Nachdenken der Leser überlassen zu dürfen.

b. **Quaderverband für zweihäuptige Mauern, deren Kern aus Füllmauer besteht.** Bei diesem Verbande, wo die Quadern nur die äußere Verkleidung einer im Innern aus Gußmörtel oder einem Mauerwerk von Backsteinen oder Bruchsteinen bestehenden Mauer bilden, sucht man die beiderseitigen Quaderverkleidungen unter sich durch Binder, welche durch die ganze Mauerstärke greifen, zu verbinden. Wir geben in Fig. 84 einen Verband, bei welchem diese Binder, welche Durchbinder genannt werden, aus einem Stein bestehen und nach den Regeln des polnischen Verbandes in jeder Schicht mit Läufern abwechselnd vorkommen. Sind Binder von der der Stärke der Mauer entsprechenden Länge nicht vorhanden, so können Binder von der Länge gleich der halben Mauerstärke angewendet und in der folgenden Schicht wieder mit einem Binder überdeckt werden, so daß auf die ganze Höhe der Mauer Binder auf Binder zu liegen kommen. Sind bei der letztern Anordnung mehr Quadersteine erforderlich, so ist dagegen auch das Senken des Füllmauerwerks in den ganz von Quadern eingefaßten kastenartigen Zwischenräumen ohne nachtheiligen Einfluß auf den Quaderverband, und es ist dabei nicht erforderlich, das Füllmauerwerk von Schicht zu Schicht gleichzeitig mit der Quaderverkleidung auszuführen und auszugleichen, wie es bei Durchbindern nach Fig. 84 geschehen muß. — Um bei solchen zweihäuptigen Quaderverkleidungen an Bindern zu sparen, kann man zwei bis drei Läufer, welche Füllquadern genannt werden, in der Maueransicht zwischen die Binder legen, wobei die Läufer verschiedene Längen haben können, aber so geordnet werden müssen, daß die Stoßfugen immer von Schicht zu Schicht gedeckt sind und auf mindestens die halbe Breite der Binder über die Steine der darüber sowie der darunter liegenden Schicht greifen.

c. **Quaderverband für einhäuptige Quaderverkleidung.** Der Verband der einhäuptigen Quaderverkleidungen kann nach den Regeln des Block- oder Kreuzverbandes mit wechselnden Läufer- und Binderschichten angeordnet werden. Zur Ersparung von Bindern wird aber in der Regel bei Quaderverkleidungen ein Verband vorgezogen, bei welchem in jeder Schicht Binder vorkommen. Fig. 85 und Fig. 86 stellen zwei solcher Verbände dar, bei welchen in jeder Schicht Läufer von gleicher Länge mit Bindern von gleicher Breite in den entsprechenden Schichten regelmäßig abwechseln. In Fig. 85 wechseln hohe Schichten mit niederen ab, und es ist angenommen, daß die Steine der niederen Schichten eine größere Breite haben als die Steine der hohen Schichten. Die Läufer der ersteren sind demnach schon als Binder zu betrachten, weil die Läufer der niederen Schichten als Binder über die Läufer der hohen Schichten hinaus in das Füllmauerwerk, welches der Deutlichkeit wegen in der Zeichnung weggelassen ist, eingreifen. Da in der Regel Steine, welche in der Natur an Mächtigkeit und Größe der Lagerfläche sehr verschieden vorkommen, auch anders gefärbt sind, so kann die Anwendung dieses Verbandes dazu beitragen, dem Mauerwerk durch regelmäßigen Farbenwechsel ein gefälliges Ansehen zu geben.


Fig. 82.
Fig. 83.
Fig. 84.
Fig. 85.
Fig. 86.

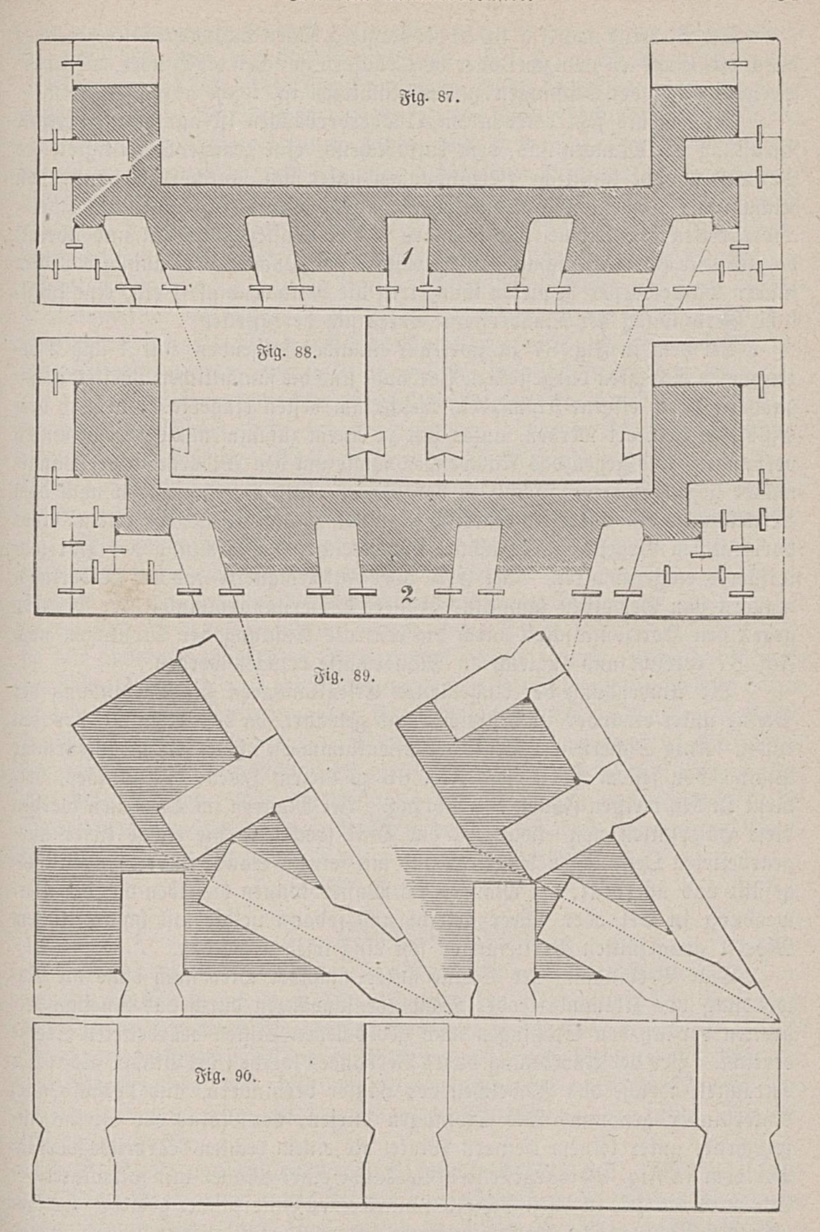


Fig. 87.

Fig. 88.

Fig. 89.

Fig. 90.

Der Verband nach Fig. 86 ist der bei gleich hohen Schichten übliche, welcher durch das Einlegen von zwei oder drei Läufern zwischen die Binder, wobei die Verwechselung der Stoßfugen zu berücksichtigen ist, leicht abzuändern ist.

Bei den bis jetzt betrachteten Quaderverbänden ist nur eine senkrechte Belastung der Mauern und, dem entsprechend, eine genügende Festigkeit des Verbandes ohne künstliche Verbindungen unter sich, durch Anwendung von Klammern, Dübeln und Schwalbenschwänzen oder durch künstliches Ineinandergreifen der Steine, angenommen. Bei Wasserbauwerken und überall da, wo ein Horizontalschub das Abweichen der Quaderverblendung von dem innern Mauerkörper bewirken kann, tritt die Nothwendigkeit ein, eine künstliche Verbindung der Quadersteine unter sich herzustellen.

Bei dem in Fig. 87 in zwei auf einander folgenden, mit 1 und 2 bezeichneten Schichten dargestellten Verbande sind die sämmtlichen Verkleidungsquadern durch eiserne Klammern, welche am besten eingebleit und nach dem Einbleien getheert werden, unter sich zu einem zusammenhängenden Ganzen verbunden, und gegen das Ausweichen sowie um den Widerstand der Längemauer gegen Horizontalschub zu vergrößern, sind die Stoßfugen nach dem Mittelpunkte eines Kreises centrisch gerichtet, so daß sie als Wölbsteine eines horizontalen Bogens zu betrachten sind, welcher der Richtung des Horizontalschubs entgegenwirkt. Bei Erd- oder Futtermauern und bei Widerlagsmauern von Gewölben kann eine größere Widerstandsfähigkeit der Mauern gegen den Horizontalschub durch die centrale Richtung der Stoßfugen nach Fig. 87 erreicht und zugleich an Mauermasse erspart werden.

Die Anwendung der eingebleiten Eisenklammern zur Verbindung der Steine unter einander ist kostspielig und gewährt, da das Eisen mit der Zeit rostet, wenig Sicherheit. Statt der Eisenklammern schwalbenschwanzförmige Platten von festem Holze nach Fig. 88 zu diesem Zwecke anzuwenden, verdient in den meisten Fällen den Vorzug. Bei Mauern im Trockenen werden diese Holzplatten von etwa $2^1/_2$ cm Dicke trocken in die etwas tiefer ausgearbeiteten Oeffnungen eingelegt und mit feinem Sande in den Fugen ausgefüllt und überdeckt; bei Mauern im Wasser können dieselben vor der Verwendung in Oel oder Theer gekocht und sodann in die mit hydraulischem Mörtel ausgefüllten Vertiefungen fest eingetrieben werden.

Eine Verbindung der Steine unter einander wird auch ohne die Anwendung von Klammern oder Schwalbenschwänzen durch das Ineinandergreifen der an den Stoßfugen nach gebrochenen Linien bearbeiteten Steine erreicht. Bei der Anordnung dieses Verbandes werden die Binder als Anker betrachtet, welche das Abweichen der Läufer verhindern, und deshalb auch Ankerbinder genannt. Die Stoßfugen dürfen, der Natur der Steine entsprechend, unter keinem kleinern Winkel als einem rechten bearbeitet werden. Bei dem in Fig. 89 dargestellten Verbande einer Mauer mit spitzwinkeliger Ecke wird die Ecke in allen Schichten durch einen Ankerbinder gebildet, welcher nach der Richtung der Halbirungslinie des von den Mauern eingeschlossenen

Winkels so eingelegt ist, daß die Halbirungslinie den Stein nach der Länge in zwei Theile von ungleicher Breite theilt. Durch das Verlegen der ungleichen Breiten des Eckbinders von Schicht zu Schicht, abwechselnd von der einen nach der andern Mauerseite, ergiebt sich die Verwechselung der Stoßfugen.

In jeder Schicht kommen Läufer und Binder vor, welche letztere auf die Mitte der darüber und darunter befindlichen Binder treffen. Fig. 90 giebt den nach gebrochenen Linien bearbeiteten Schnitt der Stoßfugen in größerem Maßstabe, woraus ersichtlich ist, daß die Läufer von der Hinterkante stumpfwinkelig bis auf eine Tiefe von 4—5 cm in die Binder eingesetzt sind und auf die halbe Breite rechtwinkelige Stoßfugen gegen die Begrenzungslinie der Mauer, und von da ab erst die schwalbenschwanzförmige Einziehung haben. Wie durch diese Anordnug der Stoßfugen nach Fig. 90 spitze Winkel zu vermeiden sind, so auch bei dem Eckbinder Fig. 89.

Tritt bei Quadermauern die Nothwendigkeit ein, die Steine auch nach der Höhe der Mauer unter sich zu verbinden, so werden ebenfalls eingebleite Klammern, welche über die Lagerfugen im Aeußern greifen, oder eingebleite Dübel, welche in entsprechende Oeffnungen zweier auf einander liegender Steine zur Hälfte ihrer Länge auf- und abwärts gerichtet sind, angewendet.

Wir haben in den Abbildungen der Quaderverbände die Steine so gezeichnet, daß sie auch im Innern der Mauern als eben bearbeitet erscheinen. Werden die Quadern in Verbindung mit anderen Steinen zu einer Mauer angewandt, so erhalten sie nur soweit ebene Stoß- und Lagerflächen, als sie mit anderen Quadern in Berührung kommen, indem gerade die Rauheit der Oberflächen der mit der Ausmauerung in Verbindung kommenden Steine zu einer bessern Verbindung der Steine mit dem Mörtel beiträgt. Selbst bei Mauern, welche ganz aus Quadern bestehen, werden die Steine der inneren Lagen an den Stoßfugen nur so zugespitzt, daß sie ihre richtige Lage einnehmen können, ohne die Richtung der Stoßfugen zu verändern. Bei Quaderverkleidungen wird die Rückseite der Läufer sowie der in den Mauerkern eingreifende Theil der Binder gar nicht bearbeitet.

C. Bruchsteinmauern.

Nach dem zur Aufführung von Bruchsteinmauern in Anwendung kommenden Materiale und nach der entsprechenden Bearbeitung der Steine vor dem Vermauern derselben werden wir drei verschiedene Arten von Bruchsteinmauerwerk unterscheiden: a. Mauern aus festen Findlingen, b. Mauern aus Bruchsteinen von sehr verschiedener Größe, und c. Mauern aus lagerhaften und leicht zu bearbeitenden Bruchsteinen von nicht sehr verschiedener Größe.

Verband von Mauern aus festen Findlingen. Die Findlinge sehr fester Steinarten, meist Granit oder Syenit, haben in der Regel eine kugelförmige Gestalt und erhalten erst durch das Sprengen annähernd ebene

Flächen und scharfe Kanten. Mit dem Maurerhammer können nun die allzu scharfen Ecken dieser festen Steine abgeschlagen, keineswegs aber die Steine so bearbeitet werden, daß sich damit ein regelmäßiger Mauerverband herstellen ließe. Nur bei sorgfältiger Auswahl der Steine wird es möglich, der ersten Anforderung an jeden Steinverband, daß die Stoßfugen zweier auf einander liegender Steine nicht zusammentreffen, zu entsprechen. Horizontale Schichten können nur in wechselnden Höhen annähernd erreicht werden, und sie durch das Ausgleichen der Unebenheiten mit kleinen Steinen und Mörtel erzwingen zu wollen, könnte nur nachtheilig in Bezug auf die Festigkeit der Mauer sein. Außer dem Verwechseln der Stoßfugen ist darauf zu sehen, daß die Steine auf den zur Herstellung ihres Lagers angewendeten kleinen Steinen, den sogenannten Zwicksteinen, fest aufliegen, dabei aber immer noch mit der Oberfläche darunter befindlicher Steine in Berührung kommen und unmittelbar darauf ruhen. Durch die ganze Mauerstärke greifende Binder, sogenannte Durchbinder, und ein Uebereinandergreifen der Steine in dem Kerne der Mauer, welcher so wenig wie möglich aus kleinen Steinen bestehen darf, sind wesentliche Bedingung für die Herstellung des Verbandes. Bei dem Mangel an Durchbindern wird das Aufführen hoher Mauern aus Findlingen bedenklich. Es ist gerathen, die Mauersätze auf 1 bis 1,5 m Höhe auszugleichen und auf jeder Gleichung eine durchgreifende Verbindung durch mindestens vier Backsteinschichten im Kreuzverband, oder durch mehrere Schichten zugerichteter Bruchsteine herzustellen. Zur Herstellung des Eckverbandes stehen selten Findlinge von der geeigneten Form und Größe zu Gebote, vielmehr wird in den meisten Fällen sich die Nothwendigkeit ergeben, an den Mauerecken besondere Pfeiler von Backsteinen, zugerichteten Bruchsteinen oder Quadern aufzuführen. Fig. 91 stellt den Verband einer Mauer aus Findlingen mit zwei Eckpfeilern dar, wovon der eine aus Backsteinen und der andere aus zugerichteten Bruchsteinen aufgeführt ist. Der Eckverband aus Quadern oder zugerichteten Bruchsteinen kann in das Findlingsmauerwerk eingreifen, Eckpfeiler aus Backsteinen werden dagegen am zweckmäßigsten ohne Verzahnung aufgeführt, weil wegen der unregelmäßigen Gestalt der Findlinge, selbst bei dem gleichzeitigen Aufführen der Backsteinpfeiler, selten ein rechtwinkeliger Anschluß der Backsteine erreicht werden kann. In Bezug auf das Vermauern der Steine ist die allgemein giltige Regel für Mauerwerke, deren Festigkeit hauptsächlich von dem Zusammenhange der Steine durch die Mörtelverbindung abhängt, anzuwenden; es müssen nämlich die Steine auf ein Mörtelbette gelegt und, ohne daß im Innern der Mauer ein leerer Raum sich befindet, ringsum von Mörtel umschlossen werden. Die Zwischenräume der größeren Mauersteine mit kleinen Steinen auszufüllen und über die trockene Ausfüllung den zur Herstellung der Steinlager erforderlichen Mörtel zu streichen, ist eben so tadelnswerth, wie das Ausfüllen großer Zwischenräume mit Mörtel ohne Steine. Der Maurer soll die Steine satt, aber auch scharf vermauern, das heißt, er soll so viel Mörtel anwenden, daß im Innern der

Mauer alle Steine in Mörtel liegen und ringsum von Mörtel umschlossen sind; er soll dazu aber nur so viel Mörtel verwenden, als zum Ausgleichen der Unebenheiten der Steinflächen und zum Ausfüllen der kleinen Zwischenräume, wozu er Steine geradezu nicht mehr anwenden kann, erforderlich ist. Nächst dem Verbande ist das richtige Ausmauern von größter Wichtigkeit bei jedem Mauerwerk, und es sollte dem Maurerlehrling vor Allem eingeschärft werden, daß er den kleinsten Stein nicht vermauere, bevor er ihm Mörtel gegeben, und daß er den kleinsten Zwischenraum, nachdem er ihn mit Mörtel ausgeworfen, mit Steinen auszwicke.

Verband von Bruchsteinmauern aus Steinen von sehr verschiedener Größe. Bruchsteine von sehr ungleicher Größe schreiben einen Verband nach Fig. 92 vor, bei welchem das Durchführen horizontaler Schichten dadurch zu erreichen gesucht wird, daß man zu dem Eckverbande die größten Steine verwendet und nach der Höhe dieser Steine die Schichten abwechselnd mit Steinen von der Höhe der Ecksteine und anderen Steinen von geringerer Höhe anlegt und die niedrigeren Steine mit kleinen Steinen bis zur Höhe der Ecksteine ausgleicht. Ebenso können in einer Schicht Steine von einer größern Höhe als die Ecksteine vorkommen, und in diesem Falle greifen sie in die nächstfolgende Schicht über und werden mit dieser ausgeglichen. Ein derartiges Mauerwerk wird rauhes Mauerwerk genannt. Ist die Größe der Steine sehr verschieden, so ist man oft gezwungen, das Durchführen horizontaler Gleichungen von Eckstein zu Eckstein aufzugeben und die Gleichungen nur bei jedem Mauersatze von etwa 1 m Höhe anzubringen. In jeder Schicht sind abwechselnd Läufer und Binder anzubringen, und es wird der Verband um so besser sein, je weniger Läufer zwischen je zwei Bindern vorkommen. Den Bindern der einen Mauerseite werden auf der andern Mauerseite Läufer, und ebenso den Läufern der einen Mauerseite Binder auf der andern entgegengelegt, so daß durch das Ineinandergreifen der Steine unregelmäßige Zwischenräume entstehen, welche bei der Ausmauerung Gelegenheit darbieten zu mannichfacher Verwechselung der Stoßfugen der nach verschiedener Richtung gelegten Ausmauerungssteine. Da bei dem Bruchsteinverbande demnach keine durch die ganze Mauerstärke geführten Stoßfugen vorkommen, so ergiebt sich daraus von selbst, daß die Verzahnungen einzelner Mauersätze, welche zur Vermeidung von Trennungen durch ungleiches Setzen der an einander stoßenden Mauersätze Treppenzahnungen sein müssen, nicht, wie es häufig geschieht, als stufenartige Absätze mit Stoßfugen, welche durch die ganze Mauerstärke reichen, gemauert werden dürfen, vielmehr, wie es der an den gegenüber gelegenen Seiten der Mauer verschieden angelegte Verband angiebt und wie aus dem Grundrisse Fig. 94 ersehen werden kann, ganz unregelmäßig gelassen werden müssen, damit bei dem Aufmauern des an die Verzahnung sich schließenden Mauersatzes durch das Ineinandergreifen des äußern Verbandes und der innern Ausmauerung der Zusammenhang beider Mauersätze gesichert wird.

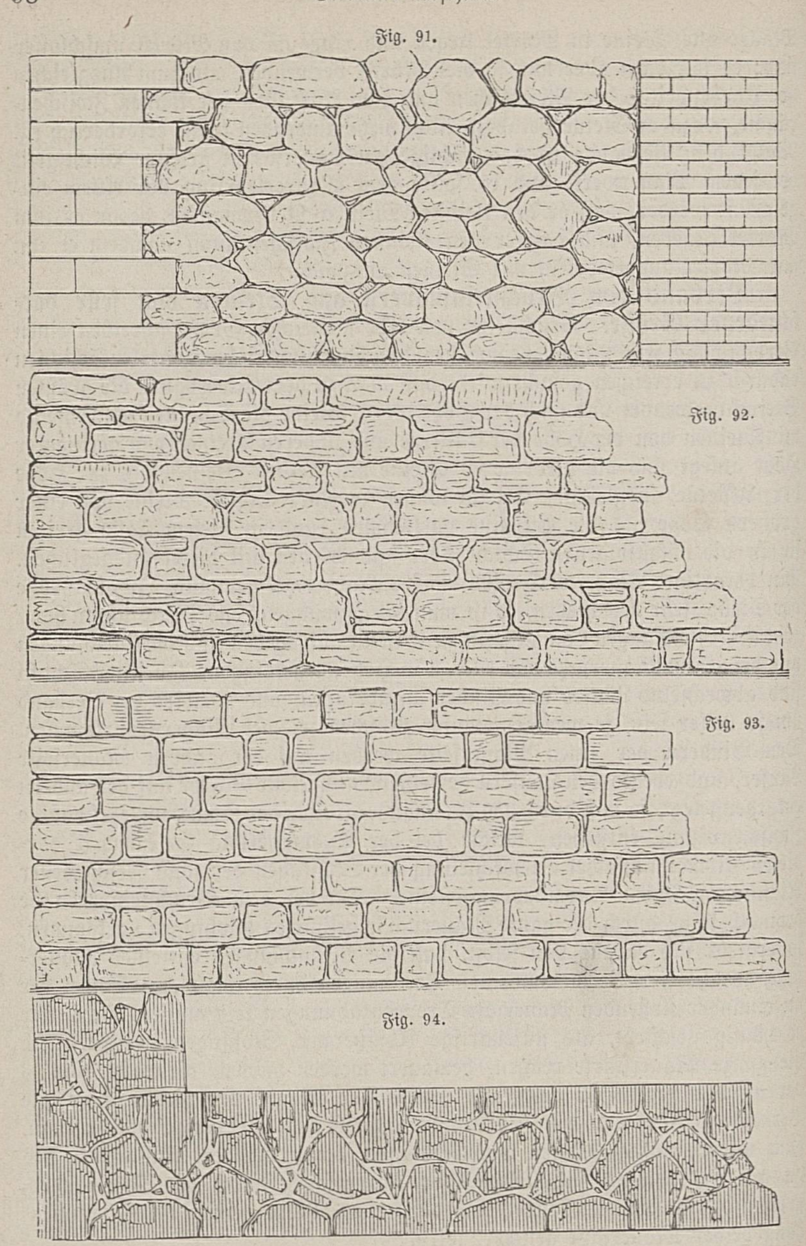


Fig. 91.

Fig. 92.

Fig. 93.

Fig. 94.

Verband von Bruchsteinmauern aus lagerhaften und leicht zu bearbeitenden Steinen. Lagerhafte Bruchsteine, welche mit dem Maurerhammer leicht bearbeitet werden können, kommen in der Regel in großer Menge von gleicher Dicke vor, so daß das daraus aufgeführte Mauerwerk aus horizontalen Schichten, wenn auch nicht alle unter sich von gleicher Höhe, doch von gleicher Höhe der Steine in einer und derselben Schicht, bestehen kann. Ein in Fig. 93 dargestelltes Bruchsteinmauerwerk mit horizontal durchgeführten Schichten wird Schichtenmauerwerk genannt. Aus dem Grundrisse der untersten Schicht, Fig. 94, ist der bereits erwähnte Verband, welcher bei allen Bruchsteinmauern beibehalten wird, sowie der empfohlene unregelmäßige Abschluß der Treppenverzahnung zu ersehen. Kommt in jeder Schicht zwischen zwei Bindern immer nur ein Läufer zu liegen, so hat der Verband die Regelmäßigkeit des Quaderverbandes, von dem er sich dann nur dadurch unterscheidet, daß die Stoßfugen nicht durch die ganze Mauerstärke gehen, vielmehr immer auf Steine der gegenüber gelegenen Mauerseite treffen. Bei der Aufführung von Schichtenmauern aus Bruchsteinen erlauben sich die Maurer nicht selten, die Steine auf das Haupt zu stellen und die eine der natürlichen Lagerflächen in der Maueransicht als Haupt erscheinen zu lassen. Dieses verkehrte Vermauern der Steine, welches der Maurer das Schwaben nennt, hat das Abblättern und Verwittern der Steine zur Folge, und dies in der Regel um so mehr, je lagerhafter die Steine sind. Selbst bei Mauerwerk, welches verputzt wird, wo also die Steine gegen das Verwittern geschützt sind, darf das Schwaben nicht geduldet werden, weil der Verputz auf der glatten Lagerfläche der Steine nicht haftet und das Abblättern der Steine infolge der auf das Haupt derselben wirkenden Belastung durch den Verputz der Mauer nicht verhindert werden kann. Bei der Bearbeitung und dem Vermauern der Steine muß Rücksicht darauf genommen werden, ob die Mauer verputzt werden soll oder nicht. Im ersteren Falle darf das Haupt der Steine nicht glatt und eben bearbeitet werden und die Stoß- und Lagerfugen müssen offen bleiben, damit der Verputz an der rauhen Oberfläche haftet und in die offenen Fugen eingreift; im letzteren Falle dagegen ist eine glatte und ebene Bearbeitung der Steine, welche gegen das Verwittern derselben, und ein genaues Schließen der Fugen, welches gegen das Eindringen der Nässe in den Mauerkörper Schutz gewährt, mit aller Sorgfalt im Auge zu behalten.

Achter Abschnitt.

Von den Umfangsmauern.

Die Umfangsmauern der Gebäude, welche dazu bestimmt sind, nicht nur die Räume nach außen senkrecht abzuschließen, sondern auch die Bedeckung, das Dachwerk sowie die Gebälke und deren Belastung genügend zu unterstützen, müssen der Belastung entsprechend möglichst stark sein. Damit nun aber von den Umfassungsmauern eines Gebäudes ein möglichst geringer Raum eingenommen und die Ausführung derselben mit geringem Kostenaufwande bewirkt werde, ist es wieder Aufgabe, diese Mauern so schwach aufzuführen, als es ohne Beeinträchtigung der Festigkeit und Dauer der Gebäude nur immer möglich ist. Bei Wohngebäuden darf es nicht unberücksichtigt bleiben, daß die Umfangsmauern genügenden Schutz gegen die der Gesundheit der Bewohner nachtheiligen Einwirkungen der Witterung, insbesondere gegen den Wechsel der Kälte und Wärme, gewähren sollen, und aus diesem Grunde, je nach den klimatischen Verhältnissen und dem Standorte der Gebäude, oft stärker gehalten werden müssen, als es ihrer Stand- und Tragfähigkeit wegen geradezu erforderlich ist.

Bei der Bestimmung der Stärke von Umfassungsmauern muß außer der Belastung auch das zur Aufführung derselben zu verwendende Material, sowie das Verhältniß der Höhe der Mauern zu ihrer Länge, in Betracht gezogen werden. Allgemein giltige Regeln lassen sich demnach nicht aufstellen, und wenn wir in Schriften belehrt werden, daß Mauern, welche den sechsten Theil ihrer Höhe zur Stärke erhalten, für schwerbelastete Gebäude, ferner Mauern, welche den achten Theil ihrer Höhe zur Stärke erhalten, für Gebäude von mittlerer Belastung, und Mauern, welche den zehnten Theil ihrer Höhe zur Stärke erhalten, für Gebäude von geringster Belastung in Bezug auf das Verhältniß der Stärke zur Höhe als ausreichend stark angenommen werden können, so kann diese Annahme, bei welcher die Länge der Mauer ganz außer Betracht gelassen und bei welcher auf den durch die Form und Größe der Mauersteine vorgeschriebenen Verband des Mauerwerkes keine Rücksicht genommen ist, als allgemein giltige Regel nicht empfohlen werden.

Lassen wir die Länge der Mauer außer Betracht, so werden wir zur Ermittlung der Stärke von Mauern einer bestimmten Höhe hauptsächlich von der Beschaffenheit des Steinmaterials auszugehen haben.

Backsteinmauern möchten wegen der in horizontalen Schichten und in gutem Verbande durch einen gut bindenden Mörtel zu einem Ganzen vereinigten Steine zur Bestimmung der geringsten Mauerstärke am geeignetsten

erscheinen. Erfahrungsgemäß kann die geringste Stärke einer Umfassungsmauer von Backsteinen, welche nur die Belastung durch ein Gebälke mit Dachwerk zu tragen bestimmt ist, zu dem zehnten bis zu dem zwölften Theile ihrer Höhe angenommen werden. Hiernach würden für ein einstöckiges Gebäude von $2^1/_2$—3 m Stockwerkshöhe die Umfangsmauern in einer Stärke gleich einer Steinlänge anzunehmen sein. Da nun aber bei Wohngebäuden eine nur einen Stein starke Mauer nicht ausreichenden Schutz gegen Frost und Hitze gewährt, so werden aus Rücksicht für die Gesundheit der Bewohner die Umfangsmauern von Wohngebäuden selten in einer geringeren Stärke als von $1^1/_2$ Steinlänge aufgeführt. Sobald die Stockwerkshöhe mehr als 3,75 m beträgt, wird die Mauer in dem bereits angegebenen Verhältnisse, wonach die Mauerstärke den zehnten Theil ihrer Höhe betragen soll, verstärkt. Bei mehrstöckigen Gebäuden ist die Mauerstärke der obersten Stockwerke maßgebend für die Mauerstärke der unteren. In welchem Verhältnisse die Stärke der Mauern von oben nach unten zunehmen soll, hängt davon ab, ob die Mauern für sich allein und ohne alle Verbindung durch Anker mit den Gebälken und Scheidewänden eine ausreichende Stand- und Tragfähigkeit haben müssen, oder ob aus Rücksicht der Ersparniß an Raum und Baukosten die Stand- und Tragfähigkeit der Mauern von der Verankerung mit den Gebälken und Scheidewänden abhängig gemacht werden soll. So wenig eine Sparsamkeit letzterer Art gebilligt werden kann, bei welcher durch das Einmauern der Balkenköpfe die Mauern geschwächt und die mit dem Mörtel in Berührung kommenden Hölzer durch trockene Fäulniß zerstört, und wobei außerdem noch durch die unvermeidlichen Senkungen der Gebälke die Umfangsmauern nach innen gezogen und, da sie für sich allein keine genügende Standfähigkeit haben, bei Bränden durch die Balken sogar nach innen umgestürzt werden, so finden wir sie doch noch häufig und gerade da angewendet, wo die angeführten Nachtheile am sorgfältigsten vermieden werden sollten, nämlich bei dem Bau von Wohngebäuden in volkreichen Städten auf werthvollen Baustellen. Wir geben in Fig. 95 den Durchschnitt der Mauern eines vierstöckigen Wohnhauses, welche für die zwei oberen Stockwerke auf die Stärke von $1^1/_2$ Steinlängen und für die zwei unteren Stockwerke auf die Stärke von zwei Steinlängen aufgeführt sind. Nehmen wir an, daß die Stärke von Backsteinmauern ausreichend sei, wenn sie den zwölften Theil der Höhe der Mauern beträgt, so würde die in Fig. 95 angenommene Stärke der Mauern für je zwei Stockwerke dieser Annahme entsprechen. Dadurch aber, daß das erste und dritte Gebälke in die Mauer eingreift, ist an diesen Stellen die Mauer um so viel schwächer geworden, als die Breite der Auflage der durch Mauerlatten unterstützten und unter sich verbundenen Balken beträgt, und kann nun in Bezug auf die Stabilität der Mauern, ohne die Verankerung mit den Gebälken und Scheidewänden, für die zwei unteren Stockwerke nur zu $1^1/_2$ Steinlänge und für die zwei oberen Stockwerke nur zu einer Steinlänge angenommen werden. Es leuchtet ein, daß Mauern von dieser geringen Stärke bei so bedeutender

Höhe freistehend kaum ausführbar und, wenn sie mit den Gebälken verankert sind, durch die Erschütterung der Gebälke von Stockwerk zu Stockwerk getrennt und um so leichter von den Gebälken nach innen gezogen und umgestürzt werden. Fig. 96 stellt den Durchschnitt der Mauern eines vierstöckigen Wohnhauses dar, welche, von Stockwerk zu Stockwerk in den der Auflage der Gebälke entsprechenden Mauerabsätzen verstärkt, für sich allein aufgeführt eine genügende Stand- und Tragfähigkeit haben und keiner Verankerung bedürfen.

Da wir die Stockwerkshöhe der vorhergehenden Figur beibehalten haben, so ist auch die Stärke der Mauer im vierten Stock zu $1\frac{1}{2}$ Steinlänge dieselbe, die Mauer des dritten Stocks hat die Stärke von 2 Steinlängen, die des zweiten Stocks von $2\frac{1}{2}$ Steinlängen und die des ersten Stocks von 3 Steinlängen. Die Standfähigkeit dieser nach oben verjüngten Mauer ist größer, als wenn die Mauer in gleicher Stärke von vier Steinlängen senkrecht aufgeführt wäre, und da außerdem die Stärke der Mauern für die einzelnen Stockwerke, im Verhältniß zur Höhe der Stockwerke von oben nach unten zunehmend, um Vieles größer ist, als es die durch die Erfahrung bestätigte und bereits angeführte Regel vorschreibt, so kann die Mauer im Ganzen und in ihren einzelnen Stockwerkssätzen als feststehend und von den darauf gelegten Gebälken so unabhängig betrachtet werden, daß weder Erschütterungen der Gebälke eine Trennung der Mauer von Stockwerk zu Stockwerk bewirken, noch auch Senkungen der Gebälke die Mauer nach innen ziehen können. Die Gebälke können einstürzen, die Mauer aber wird stehen. Ob die Sicherheit, welche das Aufführen von etwas stärkeren Umfangsmauern ohne Verankerung mit den Gebälken und Scheidewänden gewährt, nicht höher anzuschlagen ist, als die Ersparniß bei dem Aufführen von schwächeren Umfangsmauern, welche nur durch Verankerung gehalten werden und mit den Gebälken zu Grunde gehen müssen, bleibt dem Urtheil der Leser überlassen; wir aber sprechen uns entschieden gegen jede Verankerung der Umfangsmauern mit inneren, ihrer Natur nach entschieden vergänglicheren Theilen der Holzkonstruktion aus, welche zum Zweck hat, die Mauer von dem Holze abhängig zu machen.

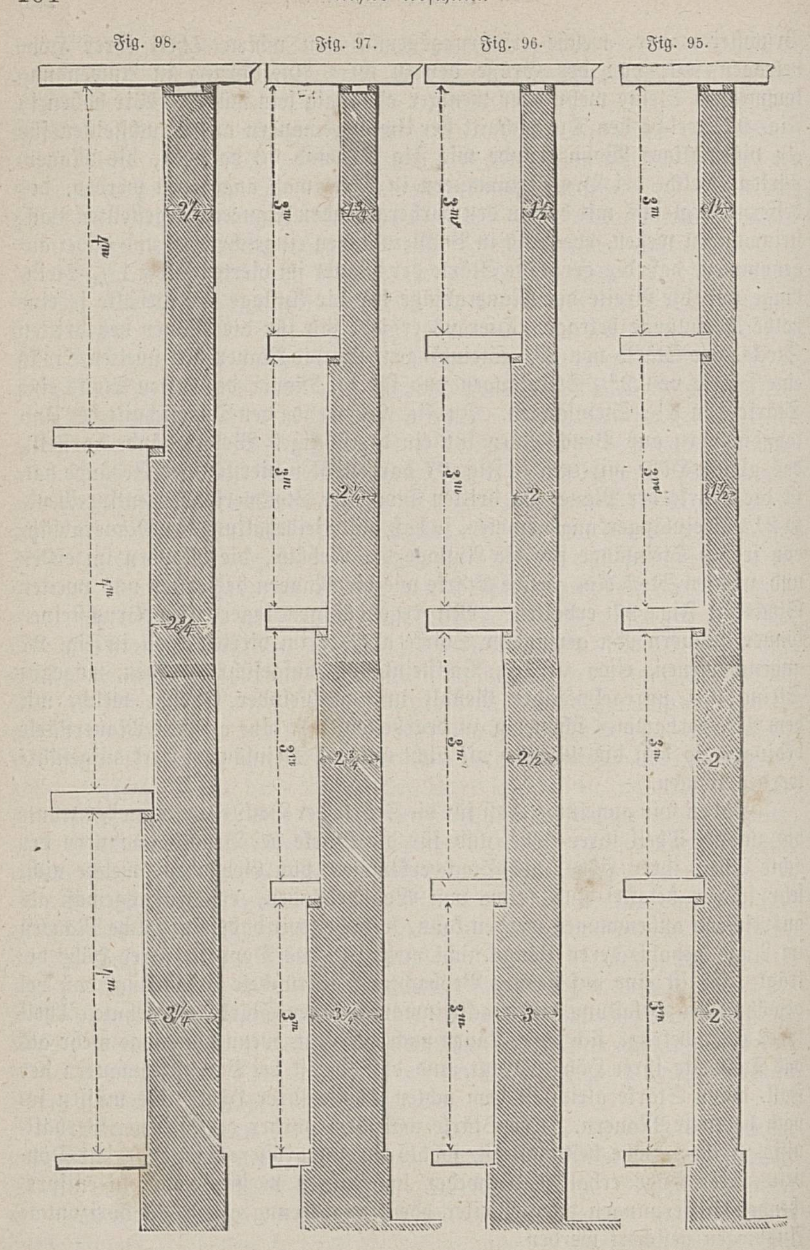
Verankerungen innerer Gebäudetheile mit den Umfangsmauern sind zulässig, wenn dadurch nur ein fester Anschluß des Innern erreicht oder durch straffes Anspannen der Balken deren Tragfähigkeit vermehrt und dadurch zugleich den selbst bei den Umfangsmauern nachtheiligen Schwingungen der Balken vorgebeugt werden soll. An die starke, gegen Feuersgefahr schützende Mauer werde der innere vergängliche Ausbau durch Anker befestigt, nie aber diene die Verankerung des Ausbaues mit der Mauer dazu, die allzu schwache Mauer dadurch zu stützen und zu erhalten.

Umfangsmauern von Bruchsteinen müssen wegen der Unregelmäßigkeit der Steine und des uns bereits bekannten Verbandes eine größere Stärke erhalten als Backsteinmauern. Da Mauern aus Bruchsteinen keine geringere Stärke haben können als die Länge eines Binders und die Breite eines Läufers zusammen, so wird die Bestimmung der geringsten Stärke einer

Bruchsteinmauer, welche erfahrungsgemäß den achten Theil ihrer Höhe betragen soll, von der Größe der zu ihrer Ausführung in Anwendung kommenden Steine mehr oder weniger abhängig sein müssen. Wir haben in Fig. 97, welche den Durchschnitt der Umfangsmauern aus Bruchsteinen für ein vierstöckiges Wohngebäude wie Fig. 95 und 96 darstellt, die Mauerstärken, welche bei Bruchsteinmauern in Metermaß angegeben werden, des bessern Vergleichs mit den in den vorhergehenden Figuren dargestellten Backsteinmauern wegen, ebenfalls in Backsteinlängen eingeschrieben und dabei angenommen, daß die geringste Stärke der Mauer im vierten Stock $1\,^3/_4$ Steinlänge und die Breite der Mauerabsätze für die Auflage der Gebälke je eine halbe Steinlänge betrage. Hieraus ergiebt sich für die Mauer des dritten Stocks eine Stärke von $2\,^1/_4$ Steinlängen, für die Mauer des zweiten Stocks eine Stärke von $2\,^3/_4$ Steinlängen und für die Mauer des ersten Stocks eine Stärke von $3\,^1/_4$ Steinlängen. In Fig. 98, welche den Durchschnitt der Umfangsmauern aus Bruchsteinen für ein dreistöckiges Wohngebäude darstellt, das gleiche Höhe mit dem in Fig. 97 dargestellten vierstöckigen Gebäude hat, ist die Stärke der Mauer im dritten Stock, der Stockwerkshöhe entsprechend, zu $2\,^1/_4$ Steinlängen angenommen, so daß, mit Beibehaltung der Mauerabsätze von je $^1/_2$ Steinlänge für die Auflage der Gebälke, die Mauern im ersten und zweiten Stock eine gleiche Stärke wie die Mauern des ersten und zweiten Stocks in Fig. 97 erhalten. Mit regelmäßigen lagerhaften Bruchsteinen können Mauern von geringerer Stärke als der im vierten Stock in Fig. 97 angenommenen, etwa zu $1\,^1/_2$ Backsteinlänge, aufgeführt werden, wogegen Steine von unregelmäßiger Gestalt und wechselnder Größe, welche mit dem Maurerhammer schwierig zu bearbeiten sind, eine größere Mauerstärke bedingen, so daß die Mauern oft nicht unter 2 Steinlängen stark aufgeführt werden können.

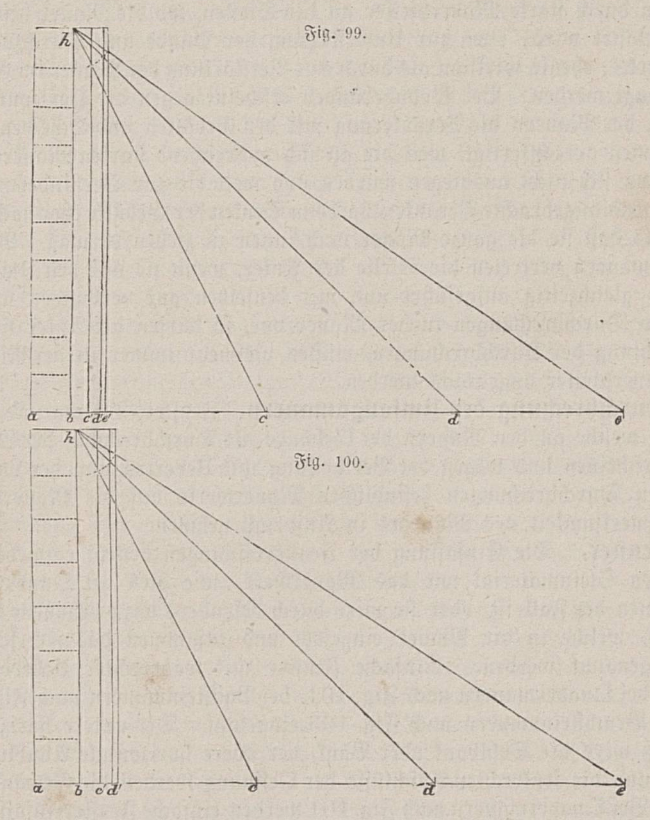
Haben wir augeführt, daß für die Stärke der Backsteinmauern der zehnte bis zwölfte Theil ihrer Höhe, und für die Stärke der Bruchsteinmauern der achte Theil ihrer Höhe, als Stockwerksmauer von Gebäuden, welche nicht sehr schwer belastet sind, etwa von Wohngebäuden, erfahrungsgemäß als ausreichend angenommen werden kann, so haben wir dabei nur solche Mauern im Auge gehabt, deren Länge nicht mehr als das Doppelte ihrer Höhe beträgt. Es ist eine auf genaue Beobachtung gegründete Erfahrung, daß bei gewöhnlicher Belastung eine Backsteinmauer, deren Stärke den zehnten Theil ihrer Höhe beträgt, sich ihrer Länge nach ausbiegt, wenn die Länge mehr als das Doppelte ihrer Höhe beträgt, und dasselbe ist bei Bruchsteinmauern der Fall, deren Stärke gleich ist dem achten Theile ihrer Höhe. Es müssen sonach belastete Mauern, deren Stärke nach dem vorher angegebenen Verhältnisse zu ihrer Höhe bestimmt ist, sobald sie eine größere Länge als das Doppelte ihrer Höhe erhalten, entweder im Ganzen verstärkt oder in entsprechenden Entfernungen durch Pfeiler oder Verankerung gegen das horizontale Ausbiegen gesichert werden.

Fig. 98. Fig. 97. Fig. 96. Fig. 95.



Die Verstärkung der Mauern im Ganzen nimmt mit deren Länge zu, und kann für Backsteinmauern nach Fig. 99 und für Bruchsteinmauern nach Fig. 100 auf einfache Weise durch Konstruktion bestimmt werden.

Man trägt die Höhe der Mauer auf und beschreibt von der Oberkante als Mittelpunkt einen Kreisbogen, dessen Halbmesser in Fig. 99 gleich ist dem zehnten Theile, und in Fig. 100 gleich dem achten Theile der ganzen Höhe.



Trägt man nun von der Unterkante der aufgetragenen Senkrechten, welche die Mauerhöhe angiebt, an die wagerechte Linie diejenige Länge der Mauer an, welche mehr beträgt als das Doppelte der Höhe der Mauer, und zieht von den mit *c*, *d* und *e* bezeichneten Punkten gerade Linien nach der Oberkante, so erhält man in den Durchschnittspunkten dieser geraden Linien und des beschriebenen Kreisbogens diejenigen Punkte, durch welche Senkrechte geschnitten die entsprechende Verstärkung der Mauer angeben. Giebt nun in Fig. 99 und 100 *a b* die Stärke der Mauer bis zu einer Länge an, welche

das Doppelte ihrer Höhe beträgt, so ist ac' die Stärke derselben Mauer, wenn ihre Länge das Doppelte ihrer Höhe um bc übersteigt ꝛc.

Können die Mauern nicht im Ganzen ihrer Länge entsprechend verstärkt werden, oder umschließen die Mauern hohle Räume, deren Benutzung durch Mauervorsprünge nicht beeinträchtigt wird, oder können Mauervorsprünge im Aeußern angebracht werden, so kann dem horizontalen Ausbiegen langer Mauern durch starke Mauerpfeiler an den Stellen, wo die Mauer besonders stark belastet wird, etwa zur Unterstützung der Bünde und Durchzüge des Dachwerkes, ebenso wirksam als durch eine Verstärkung der Mauer im Ganzen vorgebeugt werden. Bei Wohngebäuden erscheint gegen die Horizontalausbiegung der Mauern die Verankerung mit den Gebälken und Scheidewänden vollkommen gerechtfertigt, weil die an sich ausreichend starken Mauern ohne Belastung sich nicht ausbiegen würden und weil die zur Verhinderung des Ausbiegens angebrachte Verankerung beim Senken der Gebälke eher nachgeben muß, als daß sie die ganze Mauer nach innen zu ziehen vermag. Massive Scheidemauern vertreten die Stelle der Anker, wenn sie mit den Umfangsmauern gleichzeitig aufgeführt und mit denselben gut verbunden werden. Kommen Durchbrechungen in der Mauer vor, so dürfen die Anker nicht in der Richtung der Durchbrechungen, müssen vielmehr immer in der Richtung der Mauerpfeiler angebracht werden.

Durchbrechung der Umfangsmauern. Fenster, Thüren und Thore sind es, welche an den Mauern der Gebäude als Durchbrechung der Mauermasse erscheinen und wegen der Vertheilung und Uebertragung der Last des über den Durchbrechungen befindlichen Mauerwerks auf die Mauerpfeiler die Aufmerksamkeit des Maurers in Anspruch nehmen.

Fenster. Die Einfassung der Fensteröffnungen besteht entweder aus demselben Steinmaterial wie das Mauerwerk, wie dies bei Quader- und Backsteinen der Fall ist, oder sie wird durch besonders dazu behauene Steine gebildet, welche in die Mauer eingesetzt und zusammen das Fenstergestelle genannt werden. Einfache Fenster mit wagerechter Ueberdeckung werden bei Quadermauern nach Fig. 101, bei Backsteinmauern nach Fig. 102 und bei Bruchsteinmauern nach Fig. 103 eingefaßt. Der untere horizontale Abschluß wird die Sohlbank oder Bank, der obere horizontale Abschluß der Sturz, und die senkrechten Abschlüsse der Oeffnung werden die Gewände genannt. Bei Quadermauern nach Fig. 101 werden einfache Fenstereinfassungen als Bestandtheile des Mauerwerks betrachtet, so daß Bank und Sturz aus Steinen der zugehörigen Schicht von der erforderlichen Länge bestehen und die Gewände ebenfalls aus Quadern gebildet werden. Um die über der Fensteröffnung befindliche Belastung von dem nur an beiden Enden unterstützten Sturze abzuhalten und ihn vor dem Brechen zu sichern, wird in der über dem Sturze fortlaufenden Quaderschicht auf die Breite der Fensteröffnung ein Läufer mit nach oben sich erweiternden Stoßfugen so eingelegt oder vielmehr eingespannt, daß die untere Lagerfläche dieses Läufers von

der obern Lagerfläche des Sturzes durch einen kleinen Zwischenraum getrennt ist. Ebenso wird die Bank nur an beiden Enden bis zu der lothrechten Begrenzungslinie der Fensteröffnung unterstützt und dadurch gegen das Brechen gesichert, daß zwischen der obern Lagerfläche des unter der Bank befindlichen Läufers und der untern Lagerfläche der Bank ein kleiner Zwischenraum gelassen wird. Die Bänke unterhalb und die Stürze oberhalb auf die Lichtenweite der Fensteröffnungen frei zu lassen, ist unerläßlich und muß selbst da vorgesehen werden, wo Quadern von bedeutender Länge über dem Sturz und unter der Bank angebracht werden und die in Fig. 101 angegebenen Stoßfugen wegfallen. Das untere Lager des Deckquaders über dem Sturze und das obere Lager des Tragsteins unter der Bank muß dann auf die Lichtenweite der Fensteröffnung durch einen Sägenschnitt so lange frei erhalten werden, bis das Mauerwerk sich vollkommen gesetzt hat, und wird dann erst ausgefugt.

Bei Backsteinmauern wird nach Fig. 102 die Bank durch eine Rollschicht und der Sturz durch einen scheitrechten Bogen gebildet, während die Gewände, wie bei Quadermauern, aus aufgemauerten Ecken der durch die Fensteröffnung unterbrochenen Mauern bestehen.

Bei dem scheitrechten Bogen in Fig. 101 ist dessen Halbmesser gleich der Lichtenweite, also 60 Grad, und angenommen, daß dessen Sehne die wagerechte Begrenzungslinie des Sturzes bildet. Die Wölbung scheitrechter Bogen aus Backsteinen nach dem Mittelpunkte eines Bogens von weniger als 60 Graden vorzunehmen, beeinträchtigt die Tragfähigkeit des Bogens und sichert um so weniger gegen das Einschlagen, je kleiner der Winkel des Wölbebogens ist. Daß die aus einer Rollschicht bestehende Bank nicht unterhalb der Fensteröffnung frei gelassen werden kann, ist ein nicht zu beseitigender Nachtheil, welcher jedoch nicht so erheblich ist, weil die Trennung der Fugen sich auf die ganze Länge der Rollschicht vertheilt.

Das Fenstergestelle bei Bruchsteinmauern besteht nach Fig. 103 aus der Bank, den Gewänden und dem Sturze. Bei der unregelmäßigen Gestalt der Bruchsteine ist bei dem Vermauern zum Ausgleichen der Unebenheiten der Steinlager mehr Mörtel nöthig als bei Backsteinmauerwerk, und es findet infolge dessen ein bedeutenderes Senken der Mauer statt. Es muß dieses Senken der Mauern bei dem Einsetzen der Fenstergestelle berücksichtigt, und es dürfen die nur aus schwachen, auf die Hochkante gestellten Steinen bestehenden Gewände nur insoweit belastet werden, als es zur Verbindung der Gestelle mit der Mauer geradezu erforderlich ist, sowie auch die Bänke nicht über die äußere Begrenzungslinie der Gewände hinaus seitlich in die Mauer eingreifen dürfen.

Um den Druck des Mauerwerkes über der Fensteröffnung von dem Sturze abzuhalten, wird über dem Sturz ein flacher Bogen, Entlastungsbogen genannt, gesprengt, dessen Spannweite mindestens die Lichtenweite der Fensteröffnung betragen muß. Der Raum zwischen Sturz und Entlastungsbogen wird erst nach erfolgtem Setzen der Mauern ausgemauert.

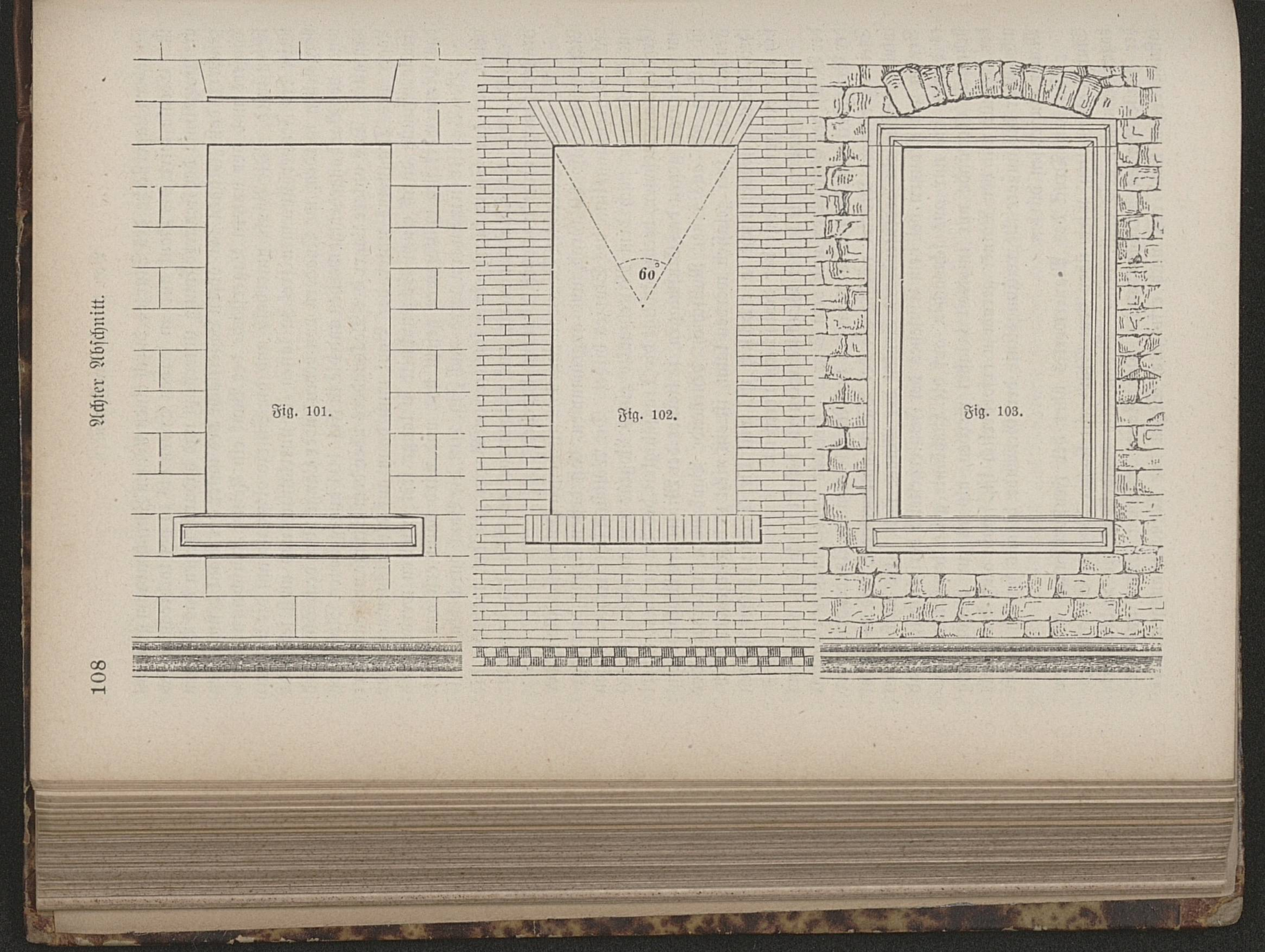


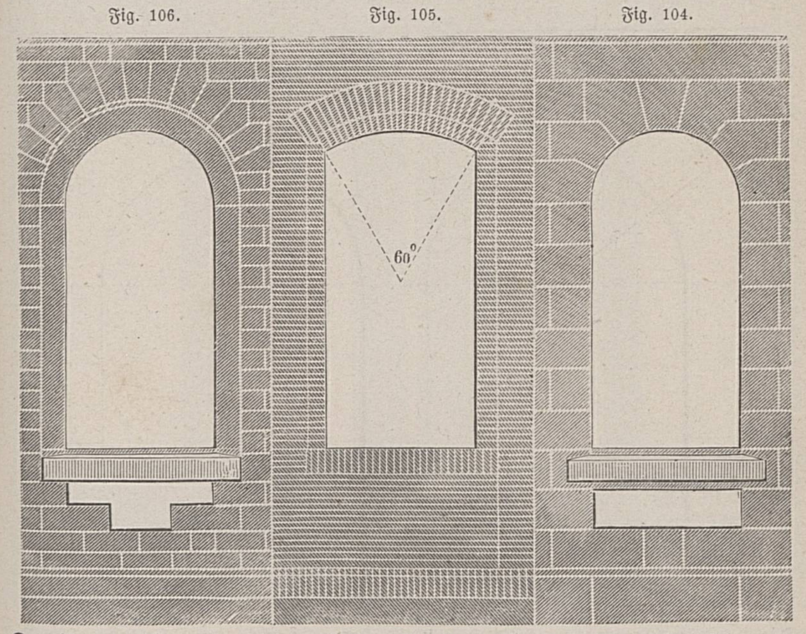
Fig. 101.

Fig. 102.

Fig. 103.

Die Stärke und Höhe des Bogens richtet sich nach der darüber befindlichen Belastung. Bei Wohngebäuden hat der Entlastungsbogen in der Regel nur die geringe Last der Brüstungsmauer der Fenster im nächst höhern Stockwerke zu tragen und kann deshalb mit einem halben Backsteine gemauert werden. Ist der Sturz durch den Entlastungsbogen gegen den Druck des Mauerwerks oberhalb, soweit er frei liegt, gesichert, so wird nun durch die Belastung seiner durch die Gewände unterstützten Enden, welche Belastung von den Gewänden auf die Bank übertragen wird, das Gestelle mit der Mauer verbunden.

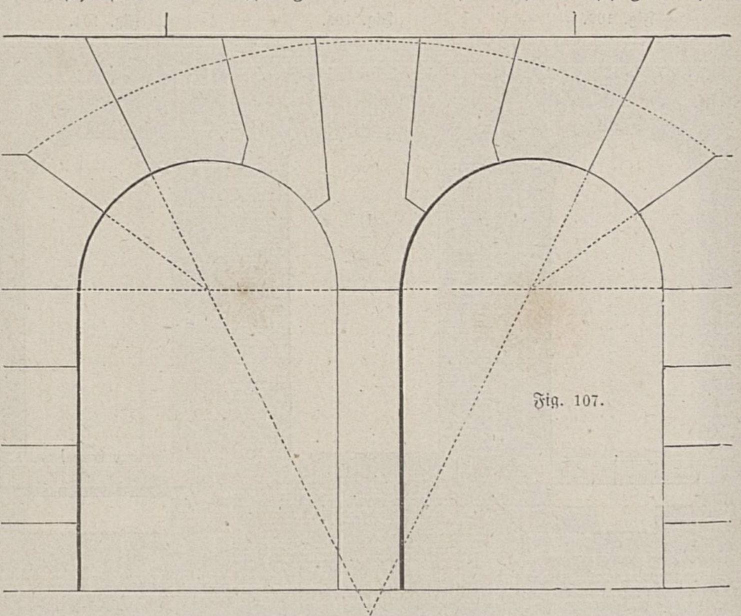
Fig. 106. Fig. 105. Fig. 104.



Damit nun die nur an den Enden belastete Bank, welche keine so große Stärke erhält, daß der Stein die nur auf die Enden wirkende Last auch auf die unter dem unbelasteten Theile befindlichen Steinschichten übertragen könnte, nicht bricht, darf die Bank auch nur so weit durch Untermauerung gestützt werden, als sie von oben belastet ist. Die Bank muß sonach auf die Lichtenweite der Fensteröffnung unterhalb so lange frei gelassen werden, bis das Mauerwerk im Ganzen sich gesetzt hat. Da Bruchsteinmauerwerk selbst nach Jahren sich noch setzt, so ist es gerathen, bei der Untermauerung der Bänke die Steine der letzten Schicht nie an die Bänke fest anschließend einzusetzen, vielmehr einen kleinen Zwischenraum zu lassen und diesen mit Mörtel auszufugen.

Wenn zur Ueberdeckung der Fenster statt der wagerechten Stürze Bögen angewendet werden, so richtet sich die Konstruktion der Mauerbögen nach

dem Steinmateriale, woraus die Mauer selbst aufgeführt wird. Wir geben in Fig. 104 einen Mauerbogen aus Hausteinen, in Fig. 105 einen Mauerbogen aus Backsteinen und in Fig. 106 einen Mauerbogen aus Bruchsteinen, welcher letztere als Entlastungsbogen über dem Bogen des eingesetzten Fenstergestelles angebracht ist. Bei dem Mauerbogen aus Hausteinen, Fig. 104, ist der Hakenverband angewendet, bei welchem die geneigten Lagerflächen stumpfwinkelig gebrochen in die Mauerschicht eingreifen, und die Wölbsteine beim Anschluß an den nächstliegenden Quader senkrechte Stoßfugen erhalten.

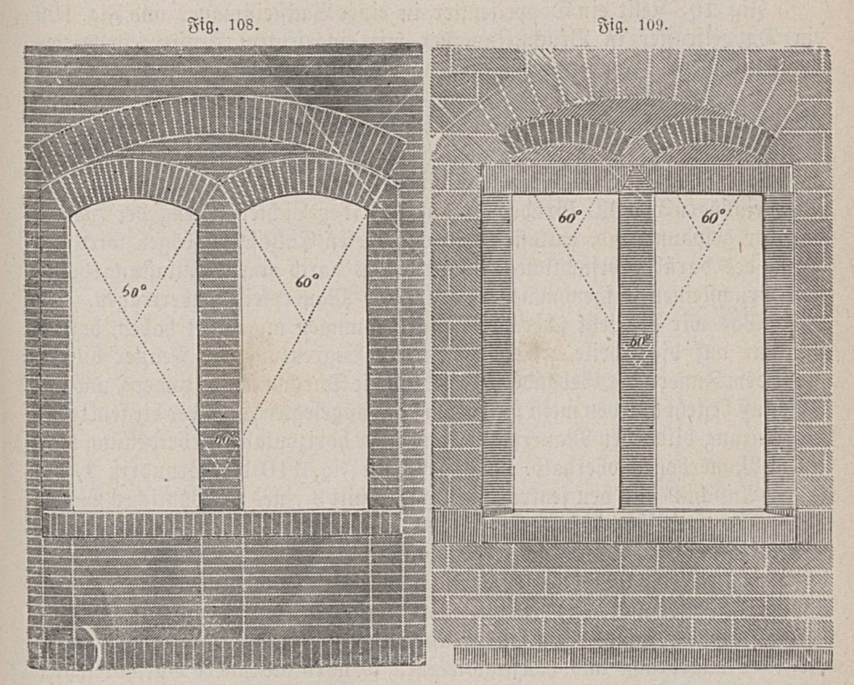

Fig. 107.

Die vermittels gebrochener Fugen in die Mauerschichten eingreifenden Wölbsteine äußern keinen Horizontalschub und sind Wölb- und Mauersteine zugleich. Zu Mauerbögen von Mauerdurchbrechungen, welche bei geringer Spannweite nicht zum Tragen einer bedeutenden Belastung bestimmt sind, empfiehlt sich der Hakenverband wegen des rechtwinkeligen Anschlusses der Mauersteine an die Bögen besonders, wogegen der Hakenverband bei Gewölben und selbst bei schwerbelasteten Mauerbögen von großer Spannweite um deswillen nicht angewendet werden sollte, weil die Hakensteine bei dem unvermeidlichen Setzen der Gewölbe oder weit gesprengten Mauerbögen entweder brechen oder Trennungen in der Wölbung veranlassen müssen. Der bei Backsteinmauern zur Ueberdeckung der Fensteröffnungen angewendete Mauerbogen ist in Fig. 105 als Segment- oder Stichbogen von 60 Graden und mit einem Entlastungsbogen verbunden, nach durchgehenden Lagerfugen

gemauert, angenommen. Die Fenstereinfassung ist von der Mauerflucht zurückgesetzt, so daß die Rollschicht der Bank zwischen die vortretenden Mauerpfeiler eingespannt ist.

Der Bogen des in Bruchsteinmauer eingesetzten Fenstergestelles, Fig. 106, ist nach üblicher Weise aus drei Stücken bestehend angenommen, welche nach dem centrischen Fugenschnitte mit dem Haupte gegen einander gesetzt sind.

Fig. 108. Fig. 109.



Dieser nur zur Darstellung der Ueberdeckungsform angewendete Bogen des Fenstergestelles wird durch einen darüber gesprengten Mauerbogen aus Bruchsteinen entlastet, welcher nicht ganz bis auf das Widerlager des Fensterbogens herabgeführt und von diesem durch einen Zwischenraum getrennt ist, damit eine Belastung des Mauerbogens nicht auf den Fensterbogen mit einwirken kann.

Was wir in Bezug auf die Entlastung der Fensterüberdeckung und die Sicherung der Fensterbank bei den einfachen Fenstern angeführt haben, findet seine Anwendung auch bei doppelten oder mehrfach neben einander vorkommenden Fensteröffnungen, bei welchen noch insbesondere auf die Entlastung der meist schwachen Zwischenpfeiler oder Zwischengewände Rücksicht genommen werden muß. Wir geben in Fig. 107 ein doppeltes Bogenfenster in einer Hausteinmauer, bei welchem der Fugenschnitt der Fensterbögen mit dem Fugenschnitte des Entlastungsbogens so in Verbindung gebracht ist, daß der

Schlußstein des Entlastungsbogens zugleich als mittleres Widerlager für die beiden Fensterbögen dient und dadurch der Druck der Fensterbögen auf den mittlern schwachen Unterstützungspfeiler so vollständig aufgehoben ist, daß selbst durch die Herausnahme dieses Pfeilers keine Senkung des Mauerbogens veranlaßt würde. Die Anordnung des Fugenschnittes ist aus der Zeichnung zu ersehen und bedarf keiner weiteren Erklärung.

Fig. 108 stellt ein Doppelfenster in einer Backsteinmauer und Fig. 109 ein Doppelfenster in Bruchsteinmauer mit eingesetztem Fenstergestelle von Hausteinen dar. Die Fensteröffnungen in der Backsteinmauer sind mit Bögen von 60 Graden überdeckt und durch einen Entlastungsbogen von ebenfalls 60 Graden gegen den Druck des darüber befindlichen Mauerwerkes gesichert. Bei dem Fenstergestelle der Bruchsteinmauer wird der über beide Fensteröffnungen gelegte und aus einem Steine bestehende Sturz durch zwei schwache Backsteinbögen von 60 Graden, welche nach der Lichtenöffnung der Fenster darüber gespannt sind, entlastet, und von diesen Entlastungsbögen wird der Druck des darüber befindlichen Mauerwerkes durch einen Entlastungsbogen aus Bruchsteinen aufgenommen und auf die Mauerpfeiler übertragen.

Was wir bis jetzt über die Fensteröffnungen angeführt haben, bezieht sich nur auf die Theile, welche die äußere Begrenzung der Fenster bilden. Nach dem Innern der Gebäude gestaltet sich die Durchbrechung anders, und der Abschluß besteht aus den meist stumpfwinkelig angelegten Ecken der die senkrechte Begrenzung bildenden Mauerpfeiler und einer horizontalen Ueberdeckung oder einem Mauerbogen oberhalb. Wir geben in Fig. 110 den Grundriß 1, die innere Ansicht 2 und den senkrechten Durchschnitt 3 eines gewöhnlichen Wohnhausfensters, dessen äußere Einfassung aus einem Hausteingestelle besteht.

Die unterhalb der Bank *a* befindliche Mauer, welche Brüstung genannt wird, hat nur die Stärke einer Steinlänge, damit man bequem zur Fensteröffnung gelangen und ohne beschwerliches Vorbiegen die Aussicht, das Gebäude entlang, haben kann. Da die Fensterrahmen auf der innern Seite des Gestelles angebracht und befestigt werden, so wird die innere Durchbrechung beim Anschluß der Mauern an die innere Seite der Gewände auf beiden Seiten um 7 bis 9 cm zurückgesetzt, was man den Anschlag nennt, und erhält noch eine Erweiterung nach innen dadurch, daß man, um dem Lichte bessern Zutritt zu gestatten und um die geöffneten Fensterflügel ohne Beschädigung des Verputzes unter einem stumpfen Winkel zurücklegen zu können, wie aus dem Grundriß 1 zu ersehen, die Mauerecken der Leibung der Pfeiler stumpfwinkelig aufführt. Die nach der Fensteröffnung geführten schrägen Leibungen werden Geläuffe oder auch Kleiffe genannt und meist so angelegt, daß die Erweiterung beiderseits den vierten Theil der Mauerstärke von der innern Mauerflucht bis zum Anschluß an die Gewände beträgt. Die innere Ueberdeckung der Mauerdurchbrechung besteht in der Regel bei Wohngebäuden aus Deckhölzern *d*, welche zur Befestigung der Gardinen benutzt werden können. Diese Deckhölzer werden, aus Rücksicht auf das häufige

Anbringen von Rouleaux, 12 bis 15 cm über die Unterkante des Sturzes gelegt, so daß der Anschlag oberhalb mehr beträgt als an den Seiten. Statt der Deckhölzer kann zur Ueberdeckung der innern Mauerdurchbrechung ein scheitrechter Bogen nach Fig. 111 angewendet werden, welcher, wie in der äußern Ansicht 2 und in der innern Ansicht 4 angegeben, mit dem äußern Entlastungsbogen in Verbindung, sonach mit gemeinsamen centrischen Fugen gemauert wird.

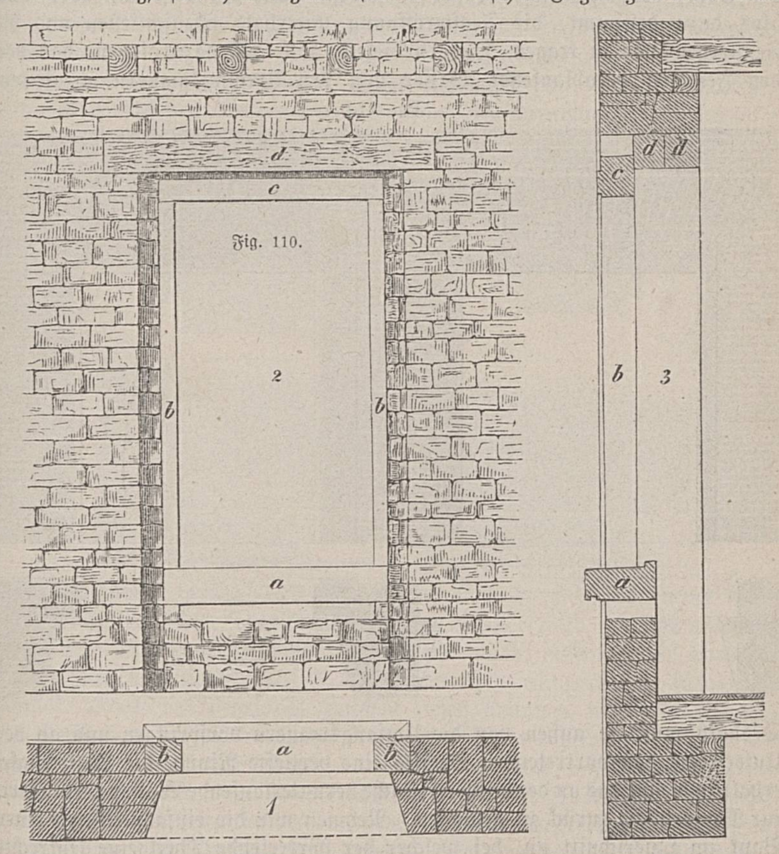
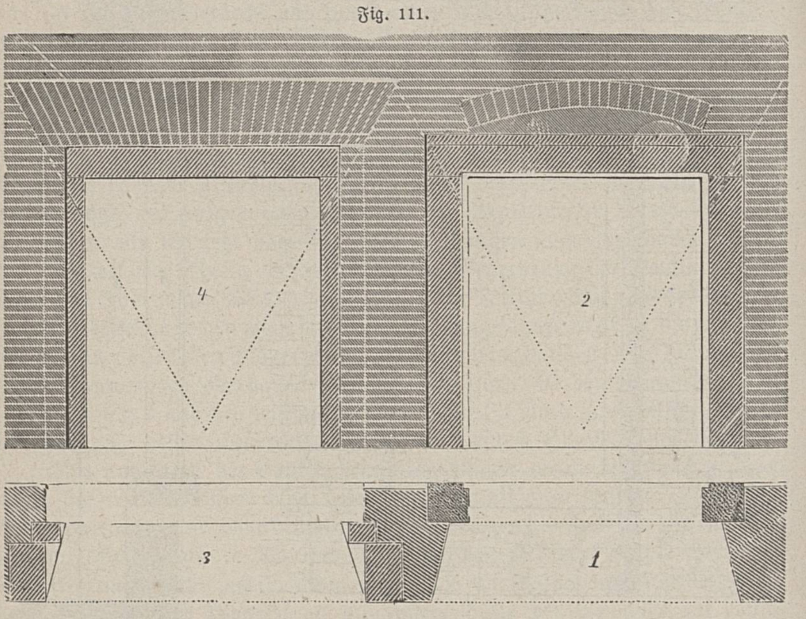


Fig. 110.

Bei größeren Durchbrechungen ist zur inneren Ueberdeckung der Segment- oder Stichbogen dem scheitrechten Bogen vorzuziehen, oder es sind an deren Stelle eiserne Träger anzuwenden. Der Grundriß 1 giebt einen Durchschnitt unterhalb und der Grundriß 3 einen Durchschnitt oberhalb des Sturzes mit den abgetreppten Widerlagern für den scheitrechten Bogen, dessen Lagerfugen über die schräge Begrenzung der Mauerpfeiler rechtwinkelig durchgeführt werden müssen.

Die Anfertigung der Fenstergestelle gehört zwar zu den Arbeiten des Steinhauers, doch wird es nicht am unrechten Orte sein, einige Worte darüber anzuführen. Wie bereits erwähnt, soll die Stärke der Brüstungsmauer nicht mehr als die Länge eines Backsteins betragen. Aus dieser Annahme ergiebt sich die Breite des von der Brüstungsmauer unterstützten Theiles der Bank, als eigentliches Lager derselben. Die Bank ist nun aber nicht blos dazu bestimmt, die Fensteröffnung unterhalb abzuschließen und die Fenstergewände zu tragen, sondern dieselbe soll auch dazu dienen, das von den Fenstern herablaufende Wasser von den Umfangsmauern abzuleiten.

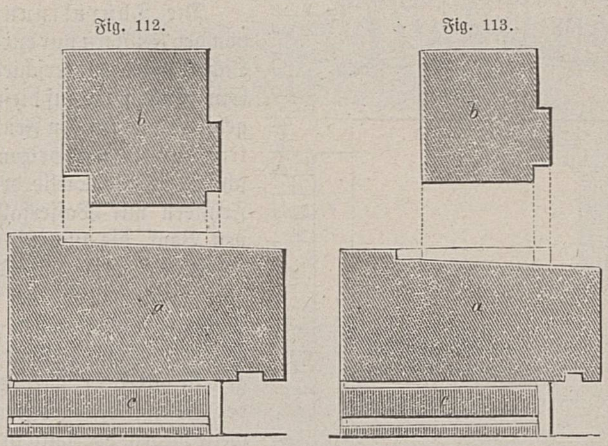
Fig. 111.



Deshalb muß sie außen vor die Umfangsmauern vorspringen und an der Unterfläche des vortretenden Theiles eine vertiefte Rinne, die Wassernase, erhalten, welche das an der vordern Fläche herunterlaufende Wasser verhindert, zur Mauerfläche zurück zu gelangen. Nehmen wir die einfachste Form einer Bank im Querschnitt an, bei welcher der vortretende Theil eine senkrechte Platte bildet, so wird sich aus dem Vorsprunge von 7 bis 8 cm und der Breite eines Lagers von der Länge eines Backsteins mit Hinzurechnung des äußern Verputzes die Gesammtbreite derselben von selbst ergeben. Die Höhe der Bank richtet sich nach der Größe der Fenster und muß mindestens gleich sein der Stärke der darauf ruhenden Gewände. Die Stärke der Gewände hängt von der Höhe der Fenster und der Beschaffenheit der dazu verwendbaren Steine ab. In der Regel wird für die Stärke der Gewände aus Sandsteinen,

ohne Berücksichtigung der bei gegliederten Einfassungen vor die Mauer tretenden Glieder, im quadraten Querschnitte der zehnte Theil der Fensterhöhe im Lichten angenommen, so daß also die Gewände eines 2 m hohen Fensters die Stärke von 20 cm, und die Gewände eines Fensters von 1,75 m Höhe eine Stärke von $17^1/_2$ cm im Quadrat erhalten. Nach der Gewändestärke richtet sich, wenn die erwähnte Breite der Bank beibehalten werden soll, das Profil derselben. Wir geben in Fig. 112 die Profile einer Bank *a* und der zugehörigen Gewände *b* für größere und in Fig. 113 die Profile einer Bank *a* und der zugehörigen Gewände *b* für kleinere Fenster, welche nur darin von einander abweichen, daß eine verschiedene Art der Befestigung der Fensterrahmen angenommen ist.

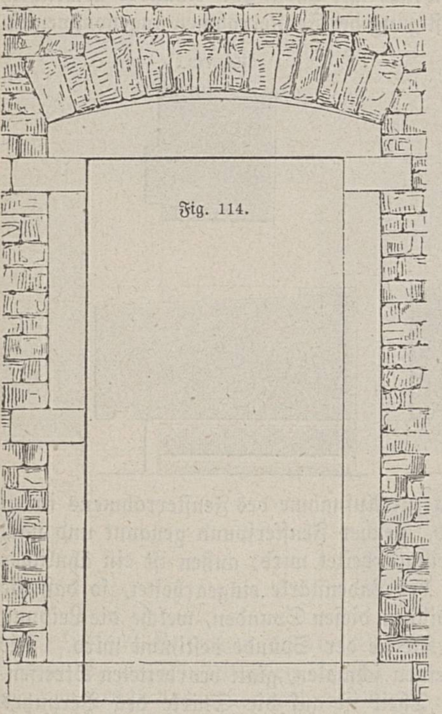
Fig. 112. Fig. 113.



Das Gewände *b* in Fig. 112 hat zur Aufnahme des Fensterrahmens innen einen vertieften Falz oder Spund, welcher Fensterspund genannt und nach der ganzen Stärke der Rahmen eingearbeitet wird; außen ist ein ähnlicher Spund, der Ladenspund, auf $^2/_3$ der Ladenstärke eingearbeitet, so daß die sichtbare Breite des Gewändes zwischen diesen Spunden, welche die Leibung des Gewändes heißen, durch die Breite der Spunde bestimmt wird. Die äußere Fläche des Gewändes hat einen schmalen, glatt bearbeiteten Streifen, einen Verputzleisten, der andere Theil ist auf die Stärke des Verputzes vertieft zurückgearbeitet und wird, damit der darübergreifende Verputz auf der Steinoberfläche haftet, rauh gespitzt. Bei dem schwächern Gewände *b* der Fig. 113 geht die Leibung von dem Ladenspunde auf die ganze Breite des Gewändes durch, und der Fensterrahmen wird unmittelbar auf den innern Anschlag befestigt. Die wagerecht bearbeitete obere Lagerfläche der Bank wird zwischen den nach der Schablone vorgezeichneten Standfugen der Gewände und, soweit die Fensterrahmen hinter der Leibung zurückgreifen, vertieft eingearbeitet, damit der untere Rahmschenkel der Fenster, in die eingearbeitete Vertiefung eingesetzt, an die Gewände fest schließt und damit

das von den Fenstern herablaufende Wasser auf der nach außen geneigten Fläche, dem sogenannten Wasserfalle, seinen Abzug findet und in das Innere zurück zu dringen verhindert ist.

Die an der Unterfläche des vortretenden Theiles der Bank angebrachte Wasserrinne (Wassernase) wird am besten, wie eingezeichnet, rechtwinkelig eingearbeitet. Beim Versetzen der Bänke ist auf den Verputz der Mauer Rücksicht zu nehmen, so daß nicht die Verputzleisten der Gewände, sondern die von der Verputzstärke zurückgearbeiteten Einsätze der Standfugen in die Schnur der Mauerflucht treffen und eingesenkelt werden müssen.


Fig. 114.

Die Thüröffnungen sind von den Fenstern nur durch größere Lichtenweiten unterschieden. Die Einfassung wird auf dieselbe Weise gebildet wie bei den Fenstern, nur tritt, zum untern horizontalen Abschluß, an die Stelle der bei den Fenstern mit Wasserfall versehenen Bank, die zugleich als Stufe dienende, auch im Querschnitt horizontale oder bei äußeren Thüren nach außen geneigte Schwelle. Fig. 114 stellt ein Thürgestelle mit Sturz dar, bei welchem der Sturz, der größern Spannweite wegen, oberhalb in der Form eines Segmentbogens nach der Mitte verstärkt, nicht unmittelbar auf die Gewände, sondern auf Binder gelegt ist, welche die Gewände decken und, in die Mauer eingreifend, mit dieser verbinden. Bei kurzen Gewändsteinen können, wie in Fig. 114 auf der linken Seite angegeben ist, Zwischenbinder angewendet werden.

Da die steinernen Thürschwellen bei der Bauausführung leicht beschädigt und, wenn sie aus nicht sehr festen Steinen bestehen, mit der Zeit ausgetreten werden, so ist es gerathen, die Thürgewände nicht unmittelbar auf die Schwelle, vielmehr auf besondere Bindersteine zu setzen und die Schwelle ganz unabhängig von den Gewänden erst nach Vollendung des Baues zwischen die Bindersteine einzulegen — einzustreifen. — Es leuchtet ein, daß die nur an den Enden schwerbelasteten Thürschwellen infolge des ungleichen Setzens noch mehr dem Brechen ausgesetzt sind, als die Bänke

der Fenstergestelle, und schon aus diesem Grunde sollten sie, wie in Fig. 114 angenommen ist, als Tritte des Eingangs betrachtet und ohne alle Verbindung mit den Gewänden eingelegt werden.

Werden Thüren, welche auf ihre ganze Höhe aufgehen sollen, statt mit horizontalem Sturze in Bogenform überdeckt, so muß die obere Leibung der innern Thürnische in einem so flachen Bogen überwölbt werden, daß die Thürflügel beim Oeffnen nirgends anstreifen. Bei Hausteinbögen wird der sich nach innen erweiternde Kernbogen angewendet, der aber weder aus Bruchsteinen noch aus Backsteinen solid aufgeführt werden kann und nicht in unsere Betrachtung gehört.

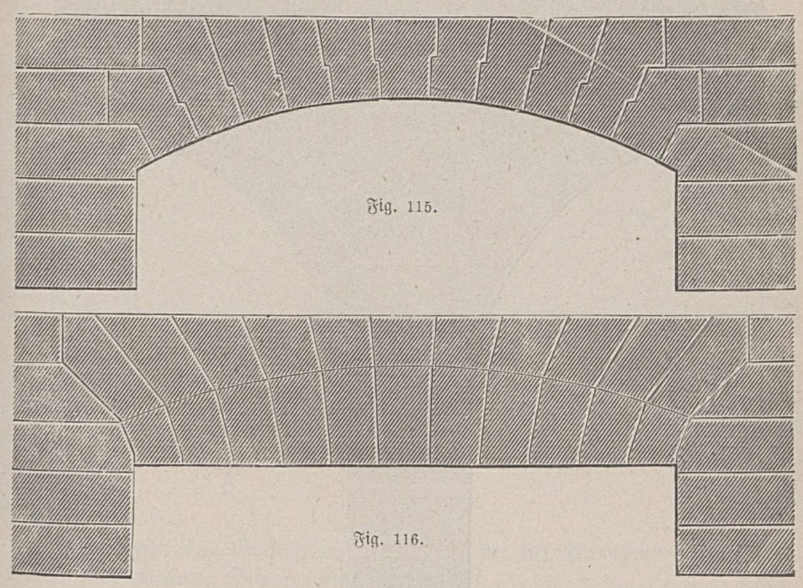


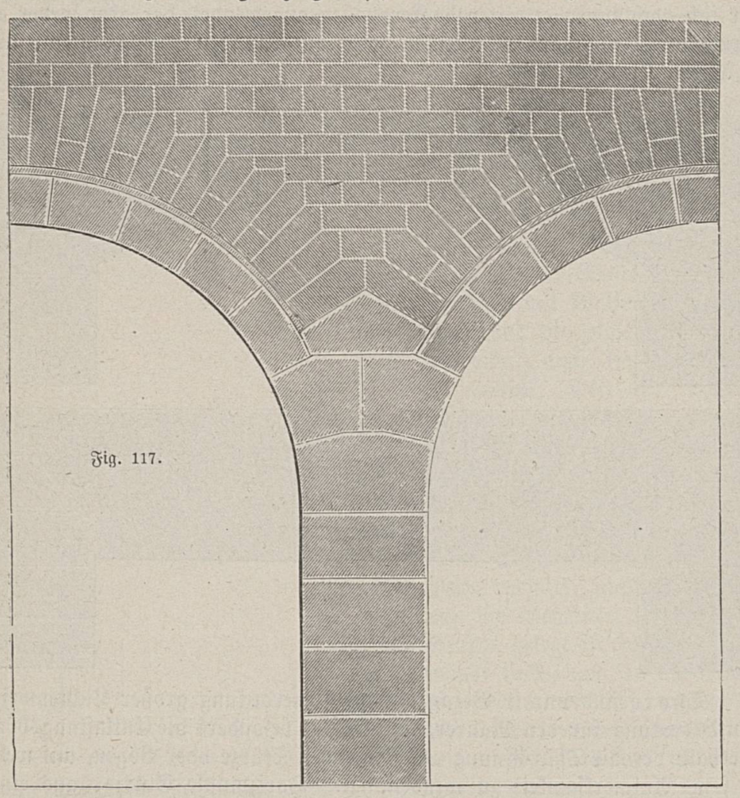
Fig. 115.

Fig. 116.

Thore sind nur in Bezug auf die Ueberdeckung großer Lichtenweiten von Bedeutung für den Maurer, und sind es besonders die Entlastungsbögen oberhalb der die Thüröffnung abschließenden Stürze oder Bögen, auf welche er seine Aufmerksamkeit zu wenden hat. Horizontale Stürze, aus einem Hausteine bestehend, können nur da Anwendung finden, wo der Thorabschluß keinen Mauerbestandtheil ausmacht und überhaupt nicht belastet wird.

Thorüberdeckungen müssen immer als Mauerbögen behandelt werden, wenn darüber Mauern vorkommen. Thorbögen in Hausteinmauern werden als Stichbogen und als scheitrechter Bogen mit gebrochenen Lagerflächen im Fugenschnitte verschieden behandelt. Fig. 115 stellt einen Stichbogen dar, bei welchem die Lagerfugen durch horizontale Haken so gebrochen sind, daß die Steine versetzte Keile bilden, welche sich an dem Widerlager aufwärts

gegenseitig unterstützen. Bei diesem Fugenschnitte ist keine Senkung des Bogens denkbar, ohne daß die unteren Wölbsteine, welche in die Mauerschichten übergreifen und von den darüber befindlichen Quadern belastet sind, brechen. Die Lagerfugen des scheitrechten Bogens, Fig. 116, sind ebenfalls gebrochen, aber ohne Haken. Der scheitrechte Bogen ist oberhalb durch ein aus dem Mittelpunkte des für die Richtung der Lagerfugen angenommenen Kreises beschriebenes Segment begrenzt gedacht, und von den Schnittpunkten dieses


Fig. 117.

Segments sind die Lagerfugen centrisch nach dem höher gelegenen Mittelpunkte eines Kreisbogens von geringerem Halbmesser geschnitten, so daß der obere Bogen als Entlastungsbogen für den scheitrechten Bogen betrachtet werden kann. Es kommt zuweilen vor, daß Hausteinbögen eine Bruchsteinmauer durchbrechen, ohne daß die nur aus schwachen Steinen konstruirten Bögen die Last der über denselben befindlichen Mauern zu tragen im Stande sind. In diesem Falle sind die Hausteinbögen durch Mauerbögen aus Bruchsteinen zu entlasten. Wir haben in Fig. 117 angenommen, daß zwei

solcher Bögen von einem schwachen Hausteinpfeiler unterstützt sind, dessen horizontale Schichten, über das Widerlager hinausgeführt, zugleich die Anfänger der Bögen bilden, und daß die aus Bruchsteinen gemauerten Entlastungsbögen über dem Stützpfeiler ein gemeinsames Widerlager aus Hausteinen haben. Zwischen den Hausteinbögen und den Entlastungsbögen aus Bruchsteinen muß des Senkens der letzteren wegen ein Zwischenraum bleiben, welcher bei dem Mauern der Entlastungsbögen entweder mit Lehm oder einer Schalung von Bretern oder Latten ausgefüllt, nach dem Schließen der Bögen aber wieder frei gemacht wird, damit das Senken der Entlastungsbögen ohne Nachtheil für die nur aus schwachen Steinen konstruirten Hausteinbögen erfolgen kann.

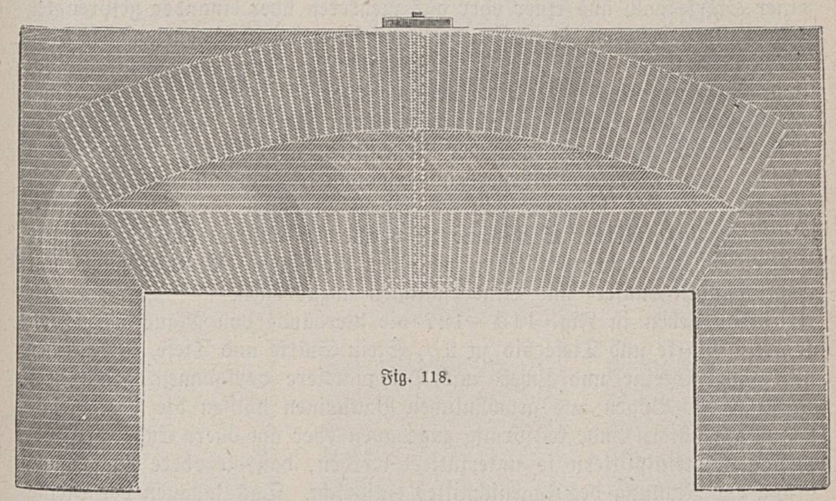


Fig. 118.

Thorbögen aus Backsteinen bieten nur bei der Annahme einer scheitrechten Ueberdeckung Schwierigkeiten dar.

Scheitrechte Bögen von großer Spannweite werden bei der sorgfältigsten Ausführung sich einsenken und müssen mit einem darüber gesprengten Entlastungsbogen verankert und so von dem letzteren getragen werden. Fig. 118 stellt einen scheitrechten Backsteinthorbogen dar, welcher durch einen Anker in der Mitte mit dem darüber gesprengten Entlastungsbogen in Verbindung gebracht ist. Beide Bögen sind nach demselben Mittelpunkte eines Bogens von 60 Graden centrisch gemauert und sitzen auf einem gemeinsamen Widerlager, gleichsam ein einziger massiver Bogen von der durch das gemeinsame Widerlager bestimmten Stärke.

Bei großer Lichtenweite der zu überdeckenden Oeffnung können die beiden Bögen durch mehrere Anker unter einander verbunden werden, wobei jedoch die Anker immer in der Richtung der Lagerfugen angebracht werden.

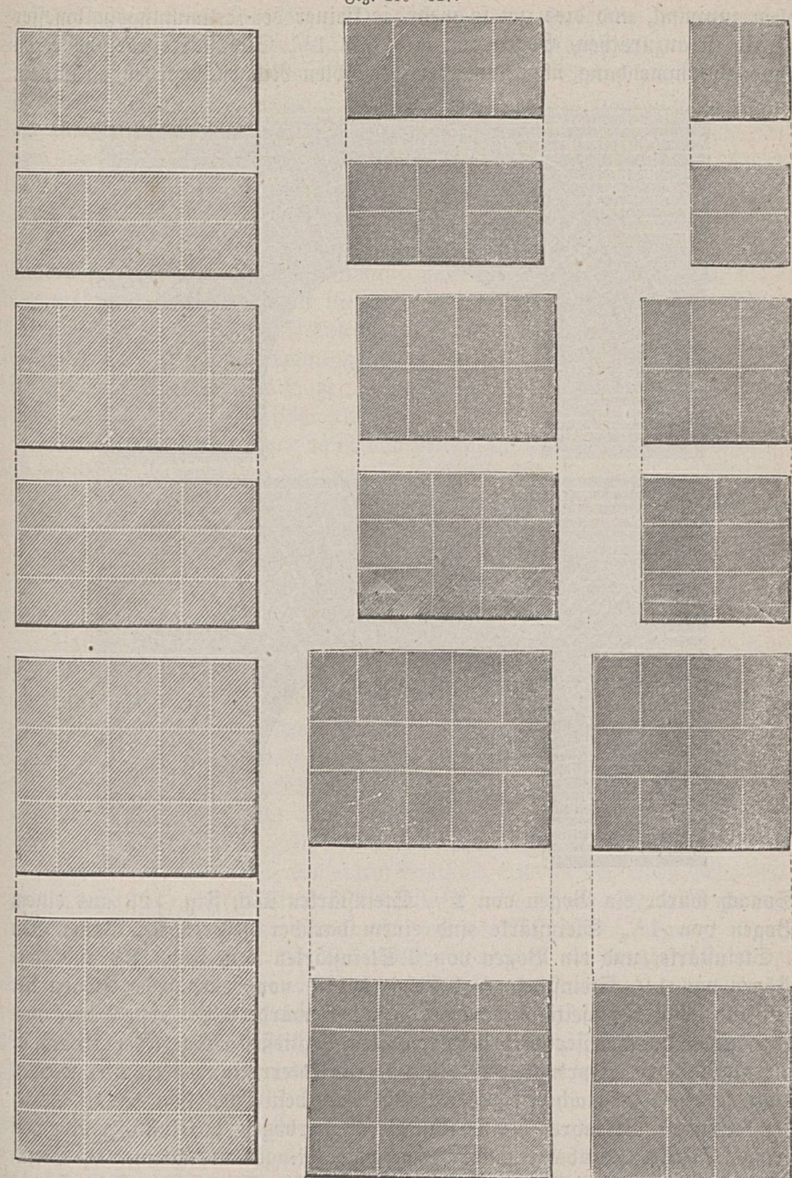
Bei schwachen Widerlagspfeilern muß der Horizontalschub der Bögen durch horizontale Verankerung unter- oder oberhalb des scheitrechten Bogens aufgehoben werden.

Was nun die Ausführung der Mauerbögen aus Backsteinen betrifft, so werden dazu entweder die gewöhnlichen Mauersteine mit parallelen Lagerflächen verwendet, oder es werden die Steine, nach dem der Wöblinie entsprechenden Fugenschnitte, mit keilförmigen Lagerflächen dazu besonders geformt. Der Verband eines Mauerbogens von bestimmter Stärke, worunter man die Abmessung nach der Richtung seiner Gewölbfugen versteht, sowie von bestimmter Tiefe oder seiner Abmessung nach der Richtung seiner Gewölbachse, ist von der Form der Wölbsteine abhängig. Mag der Bogen seiner Stärke nach aus einer oder aus mehreren über einander gesprengten Mauerungen bestehen, so müssen die Lagerfugen durch die ganze Tiefe jedes einzelnen Bogens ohne Unterbrechung hindurchgehen, so daß sie in der Bogenstirn centrale, in der Bogenleibung aber mit der Achse der Wölbung parallele Linien bilden. Die Stoßfugen zweier auf einander liegender Wölbschichten dürfen weder in der Bogenstirn, noch in der Bogenleibung, noch im Innern des Wölbkörpers auf einander treffen, müssen vielmehr von Schicht zu Schicht überdeckt sein. Bei dem Verbande für Mauerbögen ist die Anwendung kleiner Steinstücke zu vermeiden und aus diesem Grunde eine einfache Fugenverwechselung nach den Regeln des Blockverbandes mit abwechselnden Läufer- und Binderschichten anzuordnen.

Wir geben in Fig. 119—127 die Verbände von Mauerbögen von 1 Stein Stärke und Tiefe bis zu $2\frac{1}{2}$ Stein Stärke und Tiefe, bei welcher nur ganze Steine und Zwei- und Dreiquartiere vorkommen. Bei dem Mauern von Bögen aus gewöhnlichen Backsteinen müssen die Steine entweder am untern Ende keilförmig zugehauen oder am obern Ende mit keilförmigen Steinsplittern so unterfüttert werden, daß die obere Lagerfläche genau der Richtung des Fugenschnittes entspricht. Das Zuhauen der Steine ist zeitraubend und kostspielig, und das Unterfüttern der Steine am Bogenrücken hat den Nachtheil, daß beim Ausrüsten der Bögen die Fugen der nicht nach ihrer ganzen Länge gleichmäßig unterstützten Steine sich hauptsächlich nach der innern Leibung öffnen und hiernach die Verbindung der Steine mit dem Mörtel, worauf die Festigkeit des Bogens hauptsächlich beruht, aufgehoben wird.

Beträgt die Stärke eines Backsteinbogens nicht mehr als die Stärke eines Steines, so ist die keilförmige Gestalt der Lagerfugen zwischen den Steinen in der Regel so unbedeutend, daß ein stärkeres Auftragen von Mörtel gegen den Rücken des Bogens ausreicht, die obere Lagerfläche der Steine in die Richtung des Fugenschnittes zu bringen, und es wird das Schwinden des stärker aufgetragenen Mörtels dadurch ohne Nachtheil für die Tragfähigkeit des Bogens, daß beim Ausrüsten die oberen Fugen sich mehr schließen, ohne daß an der untern Leibung die Fugen sich öffnen müßten.

Fig. 119—127.



Da mit der Stärke der Bögen die Erweiterung der Lagerfugen nach oben zunimmt, und dies um so mehr, je kleiner der Krümmungshalbmesser ist, so ist anzurathen, Bögen von mehr als $1\frac{1}{2}$ Steinstärke aus mehreren ohne Zusammenhang über einander gewölbten Ringen bestehen zu lassen.

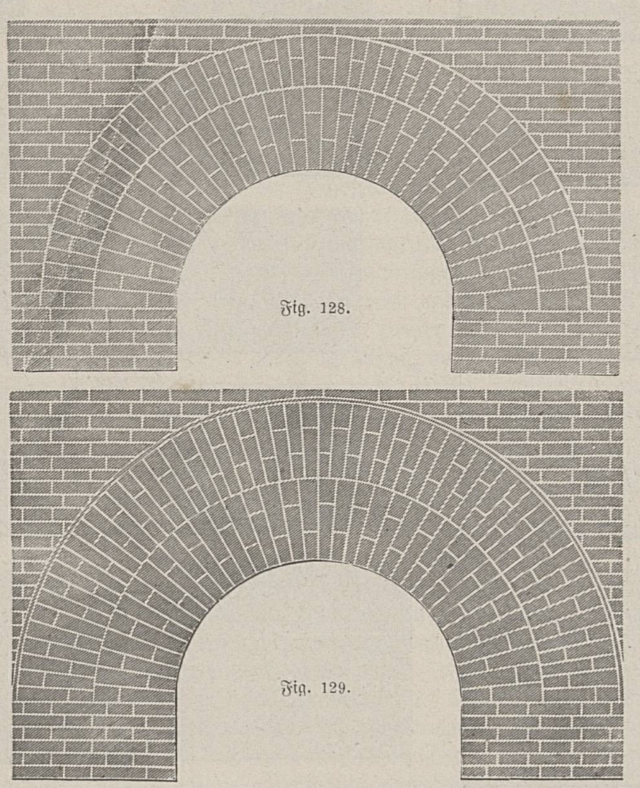


Fig. 128.

Fig. 129.

Sonach würde ein Bogen von $2\frac{1}{2}$ Steinstärken nach Fig. 128 aus einem Bogen von $1\frac{1}{2}$ Steinstärke und einem darüber gesprengten Bogen von 1 Steinstärke, und ein Bogen von 3 Steinstärken nach Fig. 129 aus zwei Bögen von $1\frac{1}{2}$ Steinstärke zu bestehen haben, von denen jeder Bogen für sich und ohne gegenseitigen Verband gemauert würde. Der erste Bogen von geringstem Durchmesser wird nach erfolgtem Schließen ausgerüstet, so daß er für die darüber gesprengten Bögen als eine Unterrüstung betrachtet werden kann, welche keine nachtheilige Senkung mehr befürchten läßt.

Bei dem Verfahren der Engländer, Mauerbögen, ja selbst Gewölbe von großer Stärke aus über einander gemauerten Ringen, welche nur $\frac{1}{2}$ Steinstärke haben, herzustellen, kann die Einrüstung erst nach dem Schlusse des

letzten Bogenrings herausgenommen oder nach und nach gesenkt werden, weil die einzelnen Ringe für sich zu schwach sind, um sich nicht nach dem Wegnehmen der Rüstung zu senken oder seitlich auszubauchen.

Selbst bei der Anwendung besonders geformter Steine zur Mauerung der Backsteinbögen von größerer Stärke als 1½ Steinlänge verdienen die über einander gewölbten isolirten Bögen den Vorzug vor der Wölbung mit durch die ganze Bogenstärke reichenden Lagerfugen, weil bei dem letztern Verfahren die Wölbsteine am Rücken des Bogens eine so große Stärke erhalten, daß sie nicht mehr vollkommen gar gebrannt werden können.

Bei den Römern waren die ringförmig über einander gewölbten isolirten Mauerbögen beinahe allgemein üblich, und als Beweis dafür, daß diese Wölbart auch in Deutschland die verdiente Würdigung gefunden, führen wir die Ueberwölbung der Kreuzesarme der neuen Kirche in Potsdam an, wo die halbkreisförmigen Tonnengewölbe von circa 18 m Spannweite aus drei isolirten konzentrischen Bögen, jeder von 2 Stein Stärke, aus besonders geformten Wölbsteinen gebildet sind.

Das Mauern der Bögen muß von beiden Widerlagern aus gleichzeitig und an jedem Fußende des Bogens mit derselben Schicht des in zwei Schichten abwechselnden Verbandes begonnen und auf beiden Seiten immer in gleichen Höhen bis zu dem auf den Lehrbögen bezeichneten Scheitel fortgesetzt werden. Der Bogen darf über dem Scheitel keine Fuge haben, sondern muß durch einen Stein, welcher durch eine Senkrechte im Scheitel halbirt und Schlußstein genannt wird, im Scheitel endigen.

Damit bei dem Mauern die centrale Richtung der Lagerfugen eingehalten wird, ist bei kreisförmigen Bogenlinien das sicherste Verfahren, den einem Kreisbogen entsprechenden Mittelpunkt an den Steinlehrbögen durch einen Stift zu bezeichnen und von diesem Stifte aus entweder eine Schnur nach den Fugenpunkten zu ziehen oder durch ein um den Mittelpunktsstift geführtes Richtscheit die Lagerfugen zu regeln. Kann der Mittelpunkt der Kreisbögen nicht bezeichnet werden, so werden die Fugen nach einer auf die Einschalung gestellten Lehre oder Schablone gerichtet.

Die Schablone besteht aus einem Bretstück, das an der einen Seite von einem Theile der zu überwölbenden Bogenlinie und an einer dieser anliegenden Seite durch eine Senkrechte (Normale) auf die Bogenlinie begrenzt wird.

Unabhängig von der Art der Ueberwölbung ist die zur Unterlage der Wölbsteine erforderliche Einrüstung, worunter man die nach der Wölblinie bearbeiteten, aus Bretern zusammengesetzten Rippen oder aus Zimmerholz hergestellten Lehrbögen mit der darüber gelegten Einschalung von Latten oder Bretern nebst der erforderlichen Unterstützung derselben versteht.

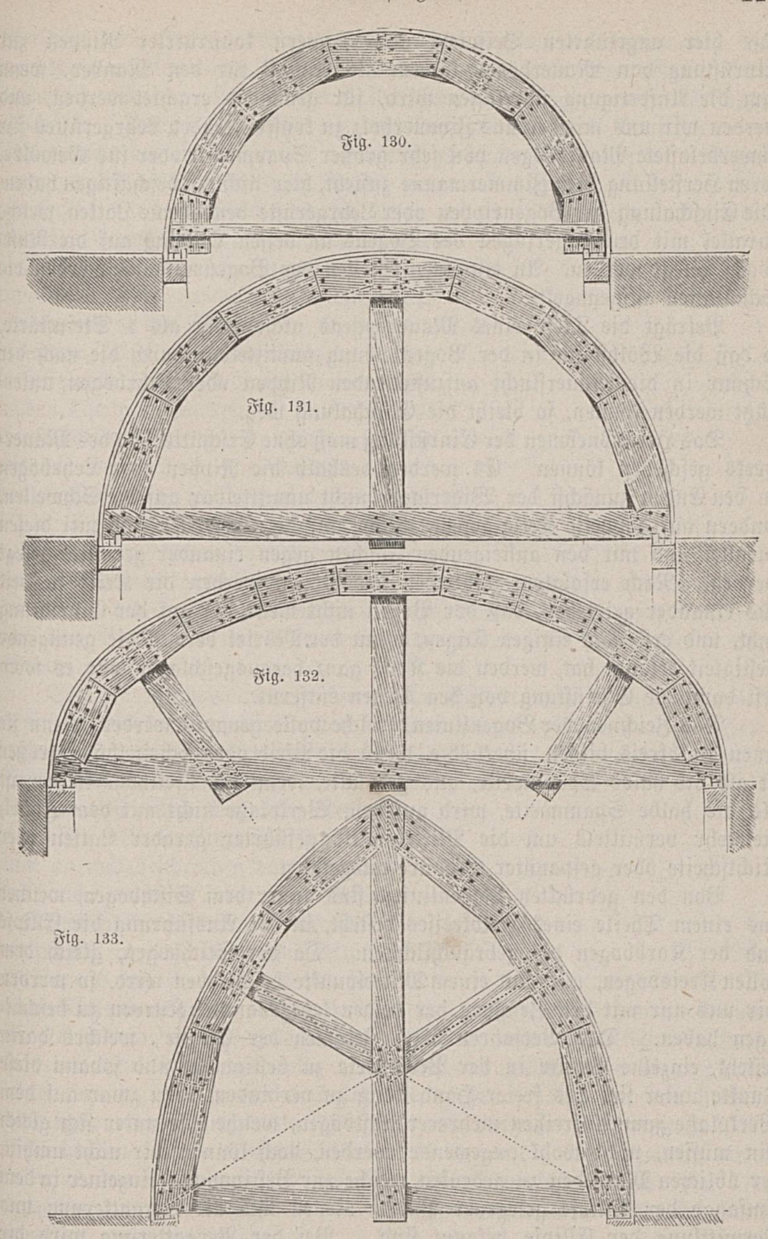
Bei scheitrechten Bögen besteht die Einrüstung aus einer Lage von Bretern und Bohlen, welche an den Enden eine gemeinsame Unterstützung durch untergelegte Schwellen erhalten, oder bei geringer Spannweite des Bogens an den Enden scharfkantig behauen und in die offenen Fugen der

Widerlagerschicht eingelegt werden. Da scheitrecht gemauerte Bögen nach der Mitte sich einbiegen, sich einschlagen, so wird darauf bei der Einrüstung Rücksicht genommen, und es werden zu dem Ende die oberhalb eingekerbten Rüstbohlen durch untergesetzte Sprießen in der Mitte um so viel in die Höhe getrieben, als das muthmaßliche Einsenken des Bogens beträgt. Die Rippen oder Scheiben für gekrümmte Bögen werden aus doppelt oder dreifach über einander genagelten Bretstücken hergestellt.

Fig. 130 stellt eine Rippe dar, welche aus einer doppelten Lage von Bretstücken besteht und durch eine aufgenagelte Latte am Fuße zusammengehalten wird. Die centrischen Stoßfugen der einen Lage treffen auf die Mitte der Breter der andern Lage, so daß die zunächst jeder Stoßfuge angebrachte Vernagelung für jedes einzelne Bret eine vierfache ist. Die in Fig. 131 dargestellte Rippe für einen Bogen von größerer Spannweite besteht aus dreifach über einander genagelten Bretstücken. Die mittleren Bretstücke sitzen zunächst dem Scheitel des Bogens an einem senkrechten Brete nach der Richtung der centralen Stoßfugen an, über welches am Fuße zwei horizontale Breter greifen, die mit diesem senkrechten Brete und den unteren mittleren Bretstücken der Bogenrippen vernagelt sind. Die äußeren Bretstücke der Bogenrippe sitzen am Fuße auf den horizontalen Bretern entweder stumpf oder, wie in Fig. 131 angegeben, nach innen versetzt an und sind, beiderseits von gleicher Länge, in der Mitte der darunter befindlichen mittleren Bretstücke wie in Fig. 130 gestoßen und bei jedem Stoße vernagelt. Das senkrechte Bret dient dazu, die Bogenrippe im Scheitel gegen das durch seitliche Belastung bewirkt werdende Heben sowie gegen das durch senkrechte Belastung zunächst des Bogenschlusses bewirkt werdende Senken zu sichern.

Wir geben in Fig. 132 eine Rippe für einen flachen Mauerbogen, welche ebenfalls aus dreifach über einander genagelten Bretstücken besteht und sich von der in Fig. 131 dargestellten nur dadurch in der Konstruktion unterscheidet, daß außerdem zur Sicherung der Rippe gegen das mögliche Heben und Senken im Scheitel die äußeren doppelten horizontalen Zangenbreter mit dem senkrechten einfachen Schlußbrete (s. Fig. 131) verbunden und noch zwei mittlere Längebreter in der mittlern Breterschicht angebracht sind, welche nach der Richtung der je zwei Bogenstücken des aus drei Mittelpunkten beschriebenen Korbbogens gemeinsamen Radien geführt und, von den doppelten horizontalen Bretern umschlossen, gegen seitliches Ausbiegen sichern. Fig. 133 stellt die Rippe für einen aus zwei Mittelpunkten beschriebenen Spitzbogen dar, bei dessen Zusammensetzung aus dreifach über einander genagelten Bretstücken die horizontale Verspannung durch ein einfaches Bret hergestellt und dem Heben und Senken der Rippe im Schlusse durch doppelte senkrechte Breter, welche abwärts über das einfache horizontale Bret greifen und mit diesem vernagelt sind, vorgebeugt ist.

Einfache Büge sind in die mittlere Breterschicht eingesetzt und sichern, mit den äußeren Breterschichten der Bogenrippe sowie mit den doppelten senkrechten Schlußbretern vernagelt und zu einem Ganzen verbunden, gegen das Einbiegen.


Fig. 130.
Fig. 131.
Fig. 132.
Fig. 133.

Die hier angeführten Beispiele aus Bretern konstruirter Rippen zur Einrüstung von Mauerbögen können als Anhalt für den Maurer, wenn ihm die Anfertigung überlassen wird, für genügend erachtet werden, und werden wir uns mit den aus Zimmerholz zu konstruirenden Lehrgerüsten für schwerbelastete Mauerbögen von sehr großer Spannweite oder für Gewölbe, deren Herstellung dem Zimmermanne zusteht, hier nicht zu beschäftigen haben. Die Einschalung der Bogenrippen oder Lehrgerüste besteht aus Latten, welche parallel mit den Lagerfugen des Bogens an dessen Leibung auf die Rüstbögen gelegt werden. An einzelnen Stellen der Bogenrundung werden die Schallatten aufgenagelt.

Beträgt die Tiefe eines Mauerbogens nicht mehr als 1 Steinstärke, so daß die Wölbsteine in der Bogenleibung unmittelbar durch die nach der Schnur in die Mauerflucht aufzustellenden Rippen oder Lehrbögen unterstützt werden können, so bleibt die Einschalung weg.

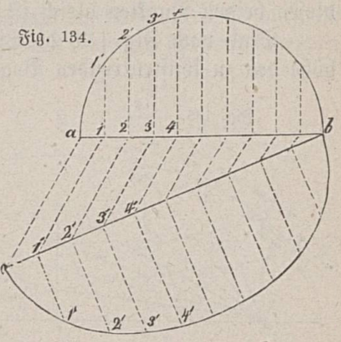
Das Herausnehmen der Einrüstung muß ohne Erschütterung des Mauerwerks geschehen können. Es werden deshalb die Rippen oder Lehrbögen an den Enden zunächst der Widerlager nicht unmittelbar auf die Schwellen, sondern auf doppelte Keile gesetzt, welche auf die Schwellen und mit diesen parallel und mit den ansteigenden Flächen gegen einander gerichtet gelegt werden. Nach erfolgtem Schließen der Bögen werden die Keile so weit aus einander getrieben, daß der Bogen nicht mehr fest auf der Einrüstung ruht, und erst nach einigen Tagen, wenn der Mörtel bereits die genügende Festigkeit erlangt hat, werden die Keile ganz herausgeschlagen, und es wird erst dann die Einrüstung von den Bögen entfernt.

Das Zeichnen der Bogenlinien, welche volle genannt werden, wenn sie einen Halbkreis bilden, überhöhte, wenn die Pfeil- oder Scheitelhöhe größer ist als die halbe Spannweite, und gedrückte, wenn die Pfeilhöhe kleiner ist als die halbe Spannweite, wird auf dem Werkplatze nicht mit dem Zirkel, vielmehr vermittels um die Mittelpunkte geführter gerader Latten oder Richtscheite oder gespannter Schnüre ausgeführt.

Von den gedrückten Bogenlinien sind außer dem Stichbogen, welcher aus einem Theile eines Halbkreises besteht, in der Ausführung die Ellipse und der Korbbogen die gebräuchlichsten. Da der Stichbogen, gleich dem vollen Kreisbogen, nur aus einem Mittelpunkte beschrieben wird, so werden wir uns nur mit dem Zeichnen der beiden letztgenannten Kurven zu beschäftigen haben. Das Verfahren beim Zeichnen der Ellipse, welches darin besteht, einzelne Punkte in der Peripherie zu bestimmen und sodann diese Punkte unter sich aus freier Hand stetig zu verbinden, kann zwar auf dem Werkplatze zum Aufreißen mehrerer Rüstbögen, welche alle unter sich gleich sein müssen, nicht wohl angewendet werden, doch können wir nicht umhin, der üblichen Methoden zu gedenken, welche zur Bestimmung einzelner in dem Umfange der Ellipse gelegener Punkte dienen und als Vergatterung und Vermittlung der Ellipse bekannt sind. Bei der Vergatterung wird die

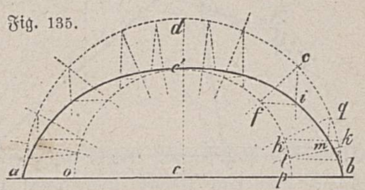
Pfeilhöhe des Bogens als Halbmesser eines Cylinders angenommen, von welchem die Ellipse die Durchschnittslinie einer senkrechten Ebene bildet, deren Grundlinie größer als der Halbmesser und der Spannweite des Bogens gleich ist. Es sei Fig. 134 *ab* der Durchmesser eines Kreises von der Scheitelhöhe des Bogens und die Linie *bc* gleich der Spannweite des Bogens unter irgend einem beliebigen Winkel gegen *ab* gezogen. Ueber *ab* wird ein Halbkreis beschrieben und die Linie *ab* von der Mitte aus in eine beliebige Anzahl Theile *a'*, 1, 2, 3, 4 ꝛc. getheilt und von den Theilungspunkten Perpendikel errichtet, welche die Peripherie des Halbkreises in den Punkten 1', 2', 3', 4' ꝛc. schneiden. Theilt man die Linie *bc* in eben soviel gleiche Theile als die Linie *ab*, errichtet in den Theilungspunkten 1', 2', 3' und 4' ebenfalls Senkrechte auf *bc* und macht diese mit den in 1, 2, 3, 4 errichteten auf *ab* von gleicher Länge, so liegen diese Endpunkte 1', 2', 3', 4' in der Peripherie der Ellipse, welche dann aus freier Hand oder mit einem biegsamen Lineal gezeichnet werden kann. Um die stärkere Krümmung der Ellipse an den Enden genauer zeichnen zu können, nimmt man die Theile nach den Punkten *a* und *b* sowie *b* und *c* kleiner, für beide Linien aber getrennt an.

Fig. 134.



Bei der Methode des Zeichnens der Ellipse durch Vermittlung wird die Ellipse als die Projektion eines an einer geneigten Ebene liegenden Halbkreises angenommen, dessen Durchmesser gleich ist der Spannweite und dessen größte senkrechte Entfernung von der Horizontalebene gleich ist der Pfeilhöhe des elliptischen Bogens. Nehmen wir in Fig. 135 die Linie *ab* als Spannweite an und beschreiben darüber einen Halbkreis, errichten über dem Mittelpunkte des Halbkreises eine Senkrechte *cd* und tragen an diese in *c'* die Pfeilhöhe des Bogens an, so wird *c'd* den senkrechten Abstand angeben, bis zu welchem der größere Kreis, um die Grundlinie *ab* bewegt, geneigt gedacht wird. Nehmen wir an dem kleineren Halbkreise beliebige Theilungspunkte *f*, *k*, *l* an und ziehen über diese Punkte Radien bis zu dem größeren Halbkreise, ziehen sodann von den inneren Theilungspunkten horizontale und von den äußeren Schnittpunkten der entsprechenden Radien senkrechte Linien, so liegen die Schnittpunkte dieser Linien in der Peripherie der gesuchten Ellipse, welche, wie in Fig. 134 angegeben, aus freier Hand oder mit einem Kurvenlineal unter sich stetig verbunden, gezeichnet wird.

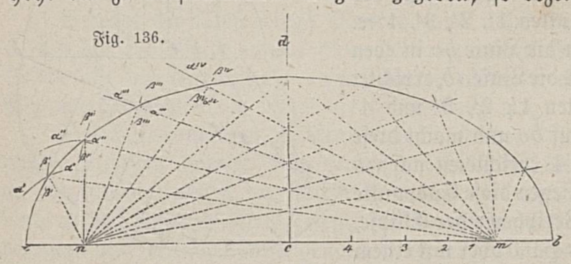
Fig. 135.



Die sicherste und in der Ausführung bequemste Methode, bei welcher die Ellipse genau vorgezeichnet wird, ohne daß dabei eine Nachhülfe aus freier Hand oder mit dem Kurvenlineal erforderlich ist, bedient sich der Brennpunkte der Ellipse als Hülfsmittel. Die Ellipse zeichnet sich vor anderen ähnlichen krummen Linien dadurch aus, daß alle Punkte der Peripherie in solcher Entfernung von zwei an der großen Achse gelegenen Punkten, welche Brennpunkte genannt werden, liegen, daß die Summe der Entfernungen von diesen beiden Punkten gleich ist der großen Achse.

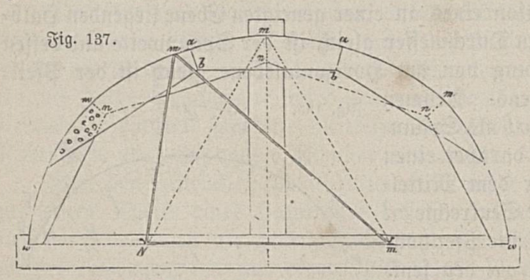
Sind nach Fig. 136 die Linien ab und cd als Spannweite und Pfeilhöhe des zu konstruirenden Bogens gegeben, so bezeichnet man die Brennpunkte mn, indem man von dem Endpunkte der kleinen Achse mit der halben großen Achse als Radius die letztere schneidet. Nehmen wir die große Achse innerhalb der Brennpunkte beliebig getheilt an,

Fig. 136.



wie in Fig. 136 mit 1, 2, 3, 4 bezeichnet ist, und beschreiben aus dem einen Brennpunkte m als Mittelpunkt einen Kreisbogen mit dem Halbmesser gleich dem Theile a 1 der großen Achse, und aus dem andern Brennpunkte n einen Kreisbogen mit dem Halbmesser gleich dem andern Theile 1 b der großen Achse, so wird der Schnittpunkt beider Kreisbögen in der Peripherie der Ellipse liegen, denn seine Entfernung von beiden Brennpunkten ist gleich der großen Achse. Wie der eine Punkt der Ellipse für den Theilungspunkt 1 bestimmt wurde, so werden auch die den anderen Theilungspunkten, 2, 3, 4, entsprechenden Punkte

Fig. 137.



der Ellipse durch die Schnittpunkte von je zwei Kreisen bestimmt, von denen der Halbmesser des einen dem von a nach dem Theilpunkte gelegenen, und der Halbmesser des andern dem von b nach demselben Theilpunkte gelegenen Abschnitte der großen Achse gleich angenommen wird. Bei dem Zeichnen der Ellipse von gegebener Spannweite und Pfeilhöhe im Großen werden nach Fig. 137 die Brennpunkte auf der großen Achse, wie bereits erwähnt, bezeichnet, indem man von dem Scheitelpunkte m, mit der halben großen Achse als Radius, die große Achse in den Punkten M und N schneidet. In den Brennpunkten M und N und in dem Scheitelpunkte m werden Stifte

eingeschlagen, und um diese Stifte wird eine Schnur gespannt und zusammengeknüpft, so daß sie als Schnur ohne Ende geführt werden kann. Bewegt man nun den im Scheitelpunkte angebrachten Stift, oder statt dessen einen Bleistift, Rothstift oder Kreide, unter stetem Anspannen der Schnur um die an den Brennpunkten befestigten Stifte gegen die große Achse nach beiden Seiten hin, so beschreibt die Spitze genau die verlangte Ellipse. Da die Ellipse nicht aus Kreisbögen besteht, bei welchen die normale Richtung der Lagerfugen durch die entsprechenden Mittelstücke bestimmt wird, so muß für jede Fuge eines elliptischen Bogens die zugehörige Normale konstruirt werden.

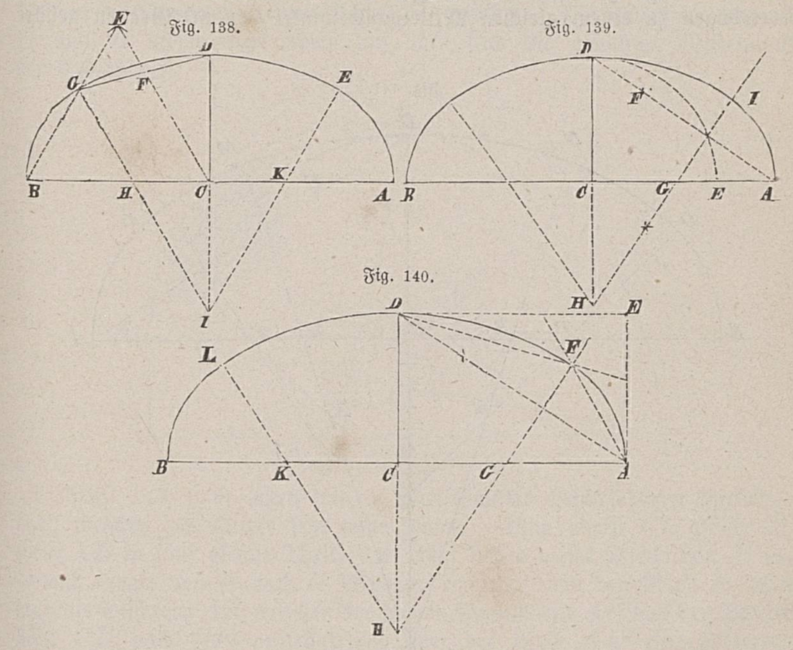
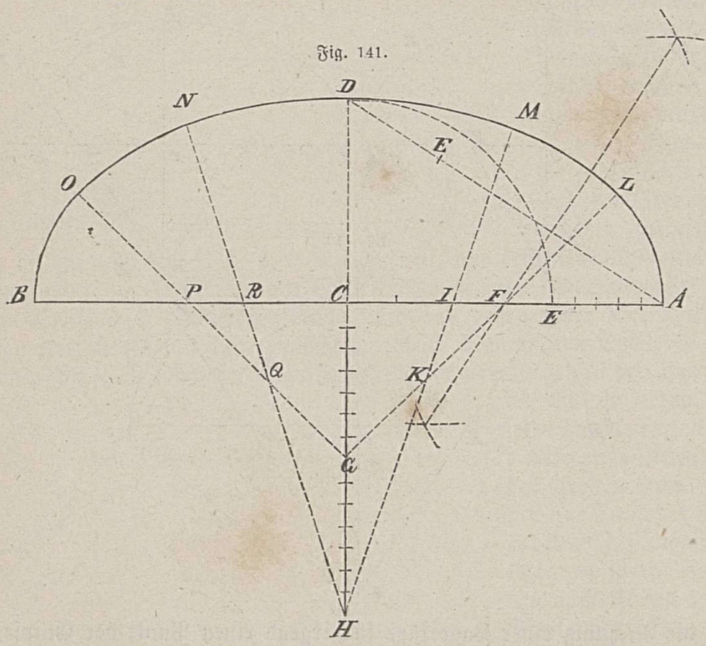


Fig. 138. Fig. 139. Fig. 140.

Soll die Richtung einer Lagerfuge für irgend einen Punkt der Ellipse bestimmt werden, so verbindet man den fraglichen Punkt mit den Brennpunkten durch gerade Linien und halbirt den von beiden Linien eingeschlossenen Winkel. Die gerade Halbirungslinie ist normal auf der Ellipse an dem angenommenen Punkte und entspricht der Richtung der Gewölbefuge, welche normal auf dem zugehörigen Bogenelemente sein soll. Da die Richtung für jede Lagerfuge besonders konstruirt werden muß, was oft kaum ausführbar und immer zeitraubend ist, so wendet man statt der Ellipse in den meisten Fällen den Korbbogen an. Ein Korbbogen besteht aus mehreren stetig ineinander übergehenden Kreisbögen von verschiedenen Radien und wird aus verschiedenen Mittelpunkten beschrieben. Bei horizontalen Widerlagern ist

die Anzahl der Mittelpunkte für einen Korbbogen stets eine ungerade. Aus weniger als drei Mittelpunkten kann ein Korbbogen nicht konstruirt werden, doch wird auch eine größere Anzahl von Mittelpunkten, jedoch selten bei anderen als großen Brückenbögen, zur Konstruktion angewendet, und zwar nur bei sehr flachen Bögen, bei welchen das Verhältniß der Pfeilhöhe des Bogens zur Spannweite geringer ist als 1:3. Wir geben in Fig. 138, 139 und 140 drei der üblichsten und im Großen leicht auszuführenden Konstruktionen von Korbbogenlinien aus drei Mittelpunkten. Bei Fig. 138 ist der Bedingung entsprochen, daß jeder der drei die Korblinie bildenden Kreisbögen zu einem gleichen Mittelpunktswinkel von 60 Graden gehöre.

Fig. 141.



Man zeichnet über der halben großen Achse *BC* in den über derselben beschriebenen Halbkreis ein gleichseitiges Dreieck *BCE*, macht *CF* gleich *CD* und zieht durch *F* und *D* eine Gerade, bis diese die Seite *BE* des gleichseitigen Dreiecks in *G* schneidet. Wo eine mit *EC* parallel durch *G* gezogene gerade Linie in *H* die horizontale und in *I* die verlängerte senkrechte Achse schneidet, sind die gesuchten Mittelpunkte, sowie *HG* und *IG* die Radien der Kreisbögen. Der dritte Mittelpunkt *K* wird bestimmt, indem man *CK* gleich *CH* an die große Achse anträgt. Die Konstruktion nach Fig. 139 führt zu Radien und Mittelpunktswinkeln der Kreisbögen, welche nahezu der Annahme in Fig. 138 entsprechen. Man verbindet den

Fußpunkt A mit dem Scheitelpunkt D durch eine gerade Linie, trägt AE gleich der Differenz der halben kleinen und halben großen Achse von D nach F an und errichtet auf AD eine Senkrechte, welche zugleich die Linie AF halbirt. Die Durchschnittspunkte G und H dieser Senkrechten sind die gesuchten Mittelpunkte, und $GI = AG$ und HI die zugehörigen Radien der Kreisbögen.

Bei der in Fig. 140 dargestellten Konstruktion werden über D und A Normale geführt, A mit D durch eine gerade Linie verbunden, und die Winkel ADE und DAE halbirt. Von dem Durchschnittspunkte F der Halbirungslinien der Winkel wird eine Senkrechte auf AD errichtet und bis zur verlängerten kleinen Achse CD geführt. Die Durchschnittspunkte G und H dieser Senkrechten auf AD sind die gesuchten Mittelpunkte der Kreisbögen.

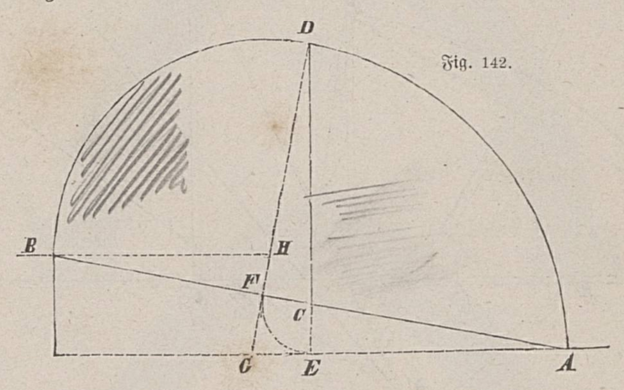


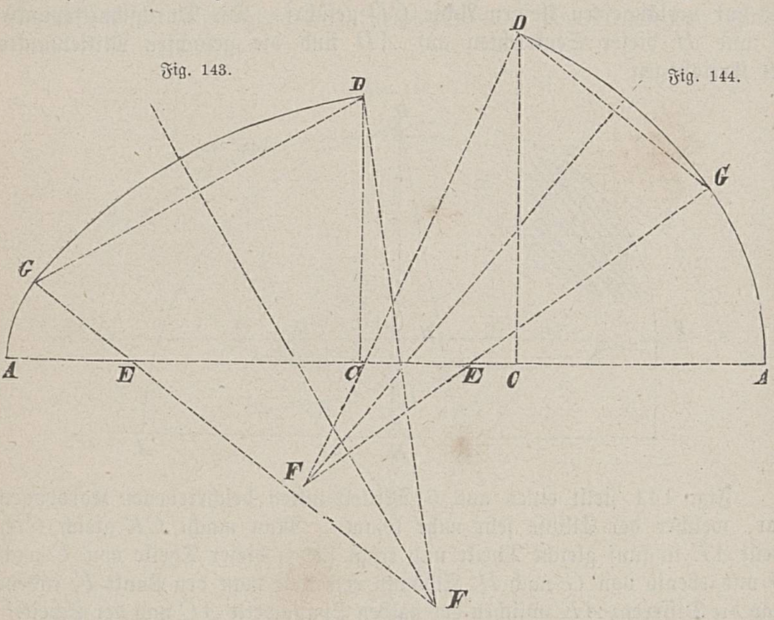
Fig. 142.

Fig. 141 stellt einen aus 5 Mittelpunkten beschriebenen Korbbogen dar, welcher der Ellipse sehr nahe kommt. Man macht CE gleich CD, theilt AE in fünf gleiche Theile und trägt sieben dieser Theile von C nach G und ebenso von G nach H. Alsdann ermittelt man den Punkt F, indem man die Differenz AE zwischen der halben Spannweite AC und der Scheitelhöhe CD nach DE' aufträgt und über der Linie AE' eine halbirende Senkrechte errichtet, deren Schnitt an der Linie AC den ersten Mittelpunkt F ergiebt. Von F zieht man nun eine gerade Linie nach G, welche man über F hinaus nach L verlängert, theilt die Linie FC in drei gleiche Theile und zieht über den ersten Theilpunkt I eine gerade Linie IH, welche ebenfalls über I hinaus nach M verlängert wird.

Der Schnittpunkt K dieser Linie IH mit FG ergiebt alsdann den Mittelpunkt für den zweiten Bogen LM und endlich H den Mittelpunkt für den Schlußbogen MN. Die beiden anderen Mittelpunkte Q und P werden in analoger Weise gefunden.

Ansteigende Bögen, deren Widerlager nicht in einer Horizontalebene liegen, werden in der Regel aus mehreren stetig in einander übergehenden

Kreisbögen konstruirt, deren Scheitelhöhe gleich ist der halben Spannweite, nach der ansteigenden Verbindungslinie der beiden Widerlager gemessen. Wir geben in Fig. 142 die Konstruktion eines aus zwei Kreisbögen bestehenden ansteigenden Bogens, welche in der Ausführung einfach und bequem ist. Man verbindet A mit B durch eine gerade Linie, zieht von den Widerlagspunkten A und B Horizontale und von dem Halbirungspunkte C der Linie AB die Senkrechte CD, macht CF gleich EC und zieht von D nach F die gerade Linie DG, so ist G der Mittelpunkt des Bogens AD und H der Mittelpunkt des Bogens BD.



Ueberhöhte Bögen werden entweder als Ellipsen oder Korbbögen gebildet, oder sie sind sogenannte Spitzbögen, welche sich im Scheitel schneiden und daselbst einen spitzen oder stumpfen Winkel haben können. Besteht der Spitzbogen nur aus zwei Kreisen, so liegen die Mittelpunkte in der durch die Widerlager geführten Horizontalebene; besteht er dagegen aus mehr als zwei Kreisbögen, so liegen nur die Mittelpunkte der an die Widerlager sich anschließenden Kreisbögen in dieser Horizontalebene, während die Mittelpunkte der oberen Kreisbögen von größerem Halbmesser tiefer liegen.

Wir geben in Fig. 143 die Hälfte eines aus vier Mittelpunkten beschriebenen Spitzbogens mit stumpfem Scheitelwinkel, und in Fig. 144 die Hälfte eines aus vier Mittelpunkten beschriebenen Spitzbogens mit spitzem Scheitelwinkel, welche, ähnlich wie die Korbbögen, aus stetig in einander

übergehenden Kreisbögen konstruirt sind. In beiden Figuren sind die an der durch das Widerlager gehenden Horizontalebene gelegenen Mittelpunkte der von dem Widerlager A ausgehenden Bögen AG mit E, und die Mittelpunkte der von G bis zum Scheitelpunkte geführten Bögen GD mit F bezeichnet.

Bei gegebener Spannweite und gegebener Scheitelhöhe eines Spitzbogens können die Halbmesser AE der von den Widerlagern sich erhebenden Bögen AG beliebig angenommen werden, ebenso die Centriwinkel derselben.

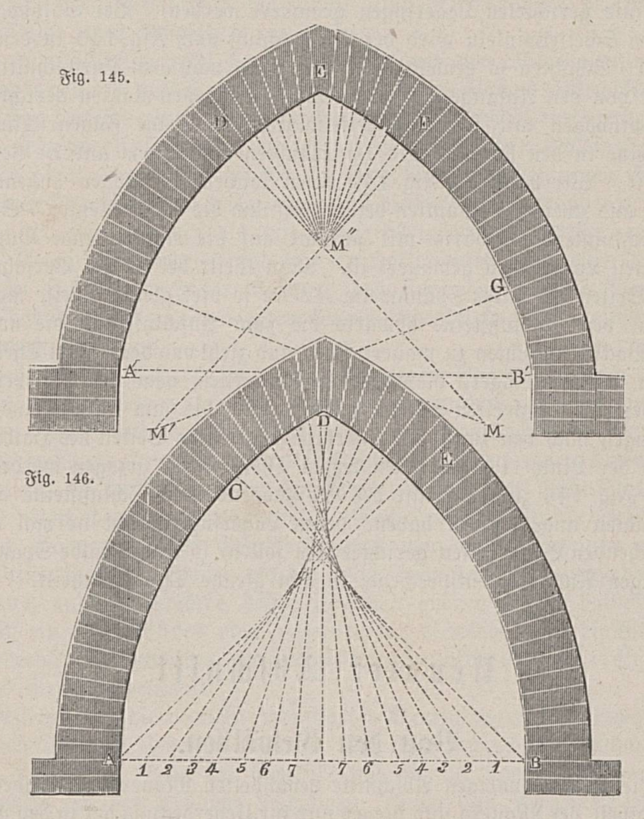


Fig. 145.

Fig. 146.

Ist der Mittelpunkt E und der Centriwinkel des Bogens AG einmal angenommen, so wird der Mittelpunkt F des obern Bogens GD durch Konstruktion bestimmt. Verbindet man den Scheitelpunkt D mit dem Vereinigungspunkte G der in einander übergehenden Bögen durch eine gerade Linie DG, errichtet auf DG eine Senkrechte, welche zugleich diese Linie halbirt, so ist der Punkt F, wo diese verlängerte Senkrechte die von G nach E gezogene gerade Linie schneidet, der gesuchte Mittelpunkt für den Bogen

DG. Da bei allen Spitzbögen die Mittelpunkte der im Scheitel sich schneidenden Bögen nicht, wie dies bei anderen stetig in einander übergehenden Bogenlinien ohne Ausnahme der Fall ist, in einer durch den Scheitelpunkt geführten Senkrechten, vielmehr für jeden halben Bogen auf der entgegengesetzten Seite dieser Senkrechten liegen, so daß in dem Scheitelpunkte die Radien der sich schneidenden Bögen kreuzen, so können solche Bögen aus Backsteinen oder Bruchsteinen nicht bis zu dem Schlusse mit normal auf die Bogenlinie gerichteten Lagerfugen gemauert werden. Bei Spitzbögen mit stumpfen Scheitelwinkeln wird der Bogenschluß nach Fig. 145 in den letzten 7 bis 10 Schichten so gewölbt, daß die Fugen nach dem Durchschnittspunkte *M'* der von den Anfangspunkten *D* und *F* gezogenen Radien gerichtet sind. Bei Spitzbögen mit spitzen Scheitelwinkeln wird die Fugenrichtung der Wölbsteine in den letzten 7 bis 10 Schichten nach einem andern Verfahren bestimmt. Wir haben in Fig. 146 einen solchen Spitzbogen angenommen, welcher aus zwei Mittelpunkten beschrieben und bis auf die letzten 7 Schichten vom Schlußsteine abwärts mit normal auf die entsprechende Bogenlinie gerichteten Lagerfugen gemauert ist. Man theilt bei diesem Verfahren auf beiden Seiten die halbe Spannweite *AB* in so viel gleiche Theile mehr ein, als von dem Schlußsteine abwärts bis zum Anschlusse an die normalen Fugen Backsteinschichten zu mauern sind, und zieht von dem ersten Theilpunkte zunächst des Widerlagers die Lagerfuge der ersten, vom zweiten Theilpunkte die Lagerfuge der zweiten Schicht, und so weiter bis zum Schlußsteine, dessen Lagerfugen nach den zwei auf den entgegengesetzten Seiten des Halbirungspunktes der Linie *AB* gelegenen letzten Theilpunkten gezogen werden. Da wir in Fig. 146 zum Schlusse des Spitzbogens vom Schlußsteine abwärts 7 Schichten angenommen haben, deren Lagerfugen nicht normal auf die entsprechenden Bogenlinien gerichtet sein sollen, so ist die halbe Spannweite, der obigen Annahme entsprechend, in acht gleiche Theile getheilt.

Neunter Abschnitt.

Von den Gewölben.

Die in dem vorigen Abschnitte behandelten Mauerbögen bilden einen Bestandtheil der Mauern und dienen nur zur Ueberdeckung der in den Mauern vorkommenden Durchbrechungen. Die Gewölbe aber sind für sich bestehende Steinkonstruktionen, welche zur Ueberdeckung von Räumen dienen und von den Mauern nur unterstützt und begrenzt werden. Die Benennungen der einzelnen Theile der Mauerbögen werden auch bei den Gewölben beibehalten, und wir haben nur diejenigen Theile der Gewölbe zu erwähnen, welche an Mauerbögen nicht vorkommen, oder welche zur Unterscheidung von den Mauerbögen andere Namen erhalten haben.

1. **Widerlager** werden bei den Gewölben diejenigen Begrenzungsmauern des zu überwölbenden Raumes genannt, auf welchen das Gewölbe ruht, und deren Stärke danach bestimmt ist, daß sie dem Drucke des Gewölbes vollkommen Widerstand leisten.

2. **Gewölbbestirn** wird die sichtbare senkrechte Querschnittfläche eines Gewölbes, und Stirnmauer oder Schildmauer die das Gewölbe nach dem senkrechten Querschnitt begrenzende Mauer genannt.

3. **Leibung** nennt man die innere, und Rücken oder Mantel die äußere Fläche eines Gewölbes.

4. **Gewölbefuß** heißt der unmittelbar auf dem Widerlager ruhende Theil des Gewölbes, und Gewölbesohle die untere Fläche des Gewölbefußes, mit welcher derselbe unmittelbar auf der Oberfläche des Widerlagers aufsitzt.

5. **Kämpferlinien** nennt man die Linien, in welchen sich die Gewölbesohle und die Leibungsfläche schneiden. Zwei Punkte in den einem Gewölbe zugehörigen Kämpferlinien, die in einem auf die Achse des Gewölbes normalen Querschnitte liegen, werden als zusammengehörige Kämpferpunkte bezeichnet.

6. **Gewölbeschenkel** nennt man die Hälfte eines durch eine senkrechte Ebene im Scheitel nach der Richtung der Achse geschnittenen Gewölbes. Besteht das Gewölbe nur aus einem Gewölbeschenkel, so wird es einschenkelig oder einhüftig genannt.

Nach der zur Ueberwölbung angenommenen Bogenlinie wird ein Gewölbe ein voller Bogen genannt, wenn die Bogenlinie in jedem zur Achse normalen Querschnitte den Halbkreis zeigt. Stichbogengewölbe oder flaches Gewölbe heißt ein Gewölbe, wenn die Bogenlinie im normalen Querschnitte aus weniger als der Hälfte einer Kreislinie besteht. Sehr flache Stichbogengewölbe nennt man Kappengewölbe. Nach dem Verhältnisse der Scheitelhöhe zur Spannweite des Gewölbes nennt man im Allgemeinen ein Gewölbe, dessen Pfeilhöhe kleiner als die halbe Spannweite ist, ein gedrücktes Gewölbe, und ein Gewölbe, dessen Pfeilhöhe größer als die halbe Spannweite ist, ein überhöhtes oder gebürstetes Gewölbe. Ist die Wölblinie eines überhöhten Gewölbes ein Spitzbogen, so wird es gothisches oder deutsches Gewölbe genannt.

Beziehen sich diese zuletzt angeführten Benennungen der Gewölbe auf die Bogenlinie der Ueberwölbung, so sind noch andere Benennungen eingeführt, welche die Form der Gewölbe und die zur Darstellung der Form angewendete Art der Wölbung bezeichnen. Außer dem Tonnengewölbe, von welchem die meisten der so verschieden geformten anderen Gewölbe abgeleitet werden können, werden wir dem Kreuzgewölbe, dem Klostergewölbe und dem Kuppelgewölbe unsere besondere Aufmerksamkeit zuwenden, vorher aber im Allgemeinen die Konstruktion der Gewölbe mit Berücksichtigung des Wölbmaterials, deren Stärke und die entsprechende Stärke ihrer Widerlager zum Gegenstande unserer Betrachtung machen.

Denken wir uns die Ueberdeckung eines Raumes in der Form eines

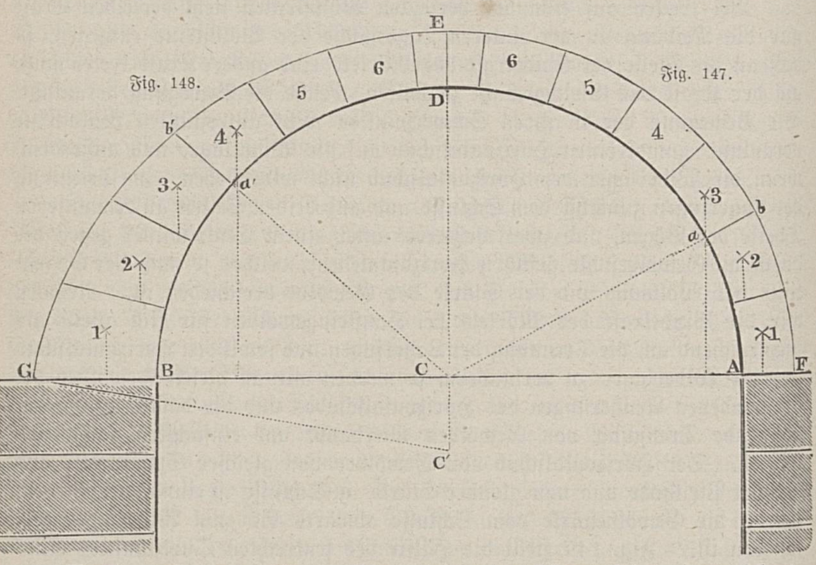
Gewölbes nach irgend einer Bogenlinie, jedoch aus einem einzigen Steine bestehend, so würde eine solche Steindecke durchaus keinen Horizontalschub auf die Widerlagsmauern äußern, vielmehr diese Mauern nur senkrecht belasten. Ist es möglich, Gewölbe zu konstruiren aus einzelnen Wölbsteinen, welche mit einem schnell erhärtenden Mörtel, dessen Bindekraft größer ist als das Gewicht der einzelnen, damit vermauerten Steine, unter einander so innig und fest verbunden sind, daß der Gewölbekörper nur als eine einzige, fest und ununterbrochen zusammenhängende Steinmasse betrachtet werden kann, so werden solche Gewölbe ebenfalls keinen Horizontalschub äußern, und es könnten die nur zu ihrer Unterstützung dienenden Widerlagsmauern in so geringer Stärke angelegt werden, als es in Bezug auf ihre Stabilität im Verhältnisse ihrer Höhe und der darauf wirkenden senkrechten Belastung, dem angewendeten Steinmateriale entsprechend, zulässig erscheint. Von der Größe und Schwere der Wölbsteine sowie von der Bindekraft und der Erhärtungsfähigkeit des zu ihrer Verbindung angewendeten Mörtels wird hiernach der Horizontalschub der Gewölbe größtentheils abhängen. Wir werden hiernach die Gewölbe in Bezug auf die zu ihrer Ausführung in Anwendung kommenden üblichen Materialien als Haussteingewölbe, Bruchsteingewölbe und Backsteingewölbe zu unterscheiden haben.

Hausteingewölbe. Gewölbe aus Hausteinen sollen einer großen Belastung widerstehen und möglichst unveränderlich sein. Bei gleicher Festigkeit der als genau bearbeitet anzunehmenden Wölbsteine zweier Hausteingewölbe von gleicher Spannweite und von gleicher Pfeilhöhe, aber von ungleicher Größe der Steine, wird die Tragfähigkeit desjenigen Gewölbes von beiden eine größere sein, welches aus größeren Wölbsteinen besteht. Zugleich ist ein Gewölbe um so unveränderlicher, aus je weniger Wölbsteinen es besteht oder, mit anderen Worten, je weniger Lagerfugen daran vorkommen. Es werden deshalb bei Hausteingewölben die einzelnen Wölbsteine möglichst groß und meist in solchen Größen angewendet, daß die Bindekraft des zwischen den Stoß- und Lagerflächen des Steines befindlichen Mörtels nicht ausreichend ist, mit der Schwere der Steine in das Gleichgewicht zu treten. Bei Hausteingewölben werden die Wölbsteine nur durch genaues Anschließen und gegenseitige Unterstützung in ihrer Lage erhalten, und es wird der beste Cement eine Trennung des Gewölbes in den Lagerfugen nicht verhindern, wenn die Widerlager zu schwach sind, um dem Horizontalschube desselben vollkommen Widerstand zu leisten. Es werden deshalb die Wölbsteine aus Hausteinen, bei Brücken- oder anderen Gewölben von großer Spannweite, häufig ohne Mörtel versetzt, und erst nach dem Versetzen der Steine werden die offenen Fugen mit Mörtel ausgegossen. Durch das Ausgießen der Fugen soll mehr das Eindringen der Nässe verhindert und so der Zerstörung der Steine durch den Frost vorgebeugt werden, als daß damit eine Verbindung der Wölbsteine unter sich erreicht werden könnte, durch welche das Bestreben der in ihren Schwerpunkten nicht unterstützten Wölbsteine, nach

dem leeren Raume zu fallen, aufgehoben würde. Damit soll jedoch nicht gesagt sein, daß gut bindender Mörtel oder Cement bei Hausteingewölben zum Vermauern nicht angewendet werden sollte. Die Bindekraft des Mörtels oder Cements kann unter Umständen vollkommen ausreichend sein, dem Bestreben der Wölbsteine nach Veränderung ihrer Lage das Gleichgewicht zu halten, und selbst da, wo dies nicht der Fall ist, wird das Anwenden von Mörtel zum Vermauern der Steine immerhin zur Verminderung des Seitendrucks, welchen ein Gewölbe äußert, beitragen, weil kein einzelner Wölbstein eher von seinem Lager herabgleiten oder von seinem Lager gehoben werden kann, als bis die Kraft, welche das Herabgleiten oder Heben bewirkt, größer ist, als die mit der Reibung in Verbindung tretende Kohäsions- und Adhäsionskraft des zwischen den Stoß- und Lagerflächen der Steine befindlichen Mörtels.

Bei trocken auf einander versetzten Wölbsteinen steht derselben Kraft nur die Reibung an der unteren Lagerfläche der Wölbsteine entgegen, so daß an die Stelle der Bindekraft des Mörtels eine andere Kraft treten muß, um der Kraft das Gleichgewicht zu halten, welche die Bewegung veranlaßt. Die Bewegung der in ihren Schwerpunkten nicht unterstützten Wölbsteine veranlaßt einmal einen Horizontalschub auf die Widerlager und außerdem, wenn die Widerlager dem Horizontalschub nicht widerstehen, eine Trennung der Lagerfugen zunächst dem Schlusse und auf beiden Seiten an dem unteren Theile der Bögen, und zwar Letzteres unter einem Centriwinkel gegen die durch die Gewölbesohle geführte Horizontalebene, welcher je nach der Bogenlinie der Wölbung und der Stärke der Gewölbe verschieden ist. Nehmen wir die Bindekraft des Mörtels bei Hausteingewölben für sich allein als unzureichend an, die Trennung der Lagerfugen und somit den Horizontalschub auf die Widerlager zu verhindern, so werden wir an diesen Gewölben die verschiedenen Aeußerungen des Horizontalschubes und die damit zusammenhängende Trennung von Gewölben überhaupt am einfachsten nachweisen können. Der Horizontalschub von Gewölben von gleicher Spannweite und gleicher Pfeilhöhe und von gleicher Stärke im Schlusse ist einmal verschieden, „wenn die Gewölbestärke vom Schlusse abwärts bis zum Widerlager verschieden ist.“ Fig. 147 stellt die Hälfte des senkrechten Querschnittes eines Gewölbes von gleicher Stärke im vollen Bogen, und Fig. 148 die Hälfte des senkrechten Querschnittes eines Gewölbes im vollen Bogen von gleicher Spannweite dar, bei welchem die am Schlusse dem vorigen gleiche Stärke des Gewölbes nach dem Widerlager so zunimmt, daß die äußere Wölblinie aus einem Kreisbogen besteht, dessen Mittelpunkt C' um $^1/_4$ der Pfeilhöhe tiefer als der Mittelpunkt C des innern Bogens gelegen ist. Beide Gewölbe bestehen aus einer gleichen Anzahl von unter sich an der innern Bogenrundung gleich breiten Wölbsteinen, deren Lagerfugen bei beiden Gewölben in gleicher Höhe auch gleichen Centriwinkeln entsprechen. Der horizontale Druck eines jeden Gewölbstückes auf den darunter befindlichen Gewölbstein, sowie der horizontale Druck des ganzen Gewölbes auf die Widerlager, ist

dem horizontalen Drucke desselben Gewölbstückes oder Gewölbes gegen eine durch den Scheitel gezogen gedachte senkrechte Fuge gleich, wenn alle Gewölbsteine im Gleichgewicht sind. Der horizontale Druck eines Gewölbes gegen die senkrechte Fuge im Scheitel wird im Verhältnisse des senkrechten Druckes stehen, welchen die in ihrem Schwerpunkte nicht unterstützten Wölbsteine gegen die darunter befindliche Fuge äußern. Der senkrechte Druck eines jeden Gewölbstückes, vom Scheitel an gerechnet, gegen die darunter befindliche Fuge ist aber dem Gewichte dieses Gewölbstückes gleich, und es wird demnach, wie ein größeres Gewölbstück vom Scheitel abwärts einen größeren senkrechten Druck äußert, auch das größere Gewölbstück in demselben Verhältnisse einen größeren horizontalen Druck gegen die darunter befindliche Fuge und von da auf die Widerlager äußern.



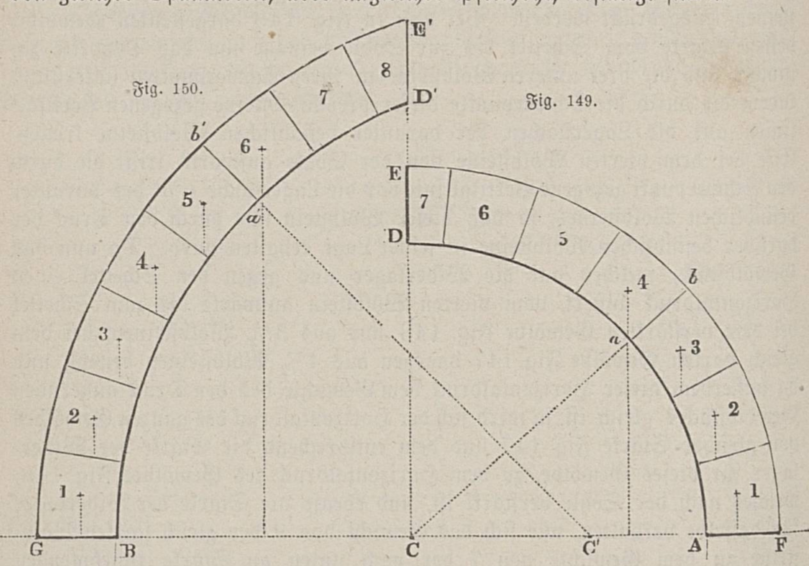
Denken wir uns, wie in Fig. 147 und 148 punktirt eingezeichnet, durch die Schwerpunkte der Gewölbsteine von den Anfängen aufwärts senkrechte Linien gezogen, so wirkt das Gewicht derselben in diesen Linien senkrecht nach unten, und es werden nur diejenigen Steine keinen Horizontaldruck gegen die durch den Scheitel geführte senkrechte Ebene äußern, welche in ihren Schwerpunkten unterstützt sind, das heißt, durch deren Schwerpunkte gezogene Vertikallinien noch die Lagerflächen der darunter befindlichen Wölbsteine treffen. Nun ist dies bei den in Fig. 147 dargestellten Gewölben von gleicher Stärke nur bei den zwei untersten Wölbsteinen der Fall, und schon bei dem dritten Wölbsteine trifft die durch den Schwerpunkt gezogene Vertikallinie durch die Vorderkante der Lagerfuge *ab* des darunter befindlichen

Steines, und es ist von da an bis zum Scheitel das Gewölbstück als ein solches zu betrachten, welches gegen die durch den Scheitel geführte senkrechte Ebene einen Horizontaldruck und gegen die darunter befindlichen Wölbsteine und ihre Widerlager einen Vertikaldruck äußert. Nun ist aber, wie bereits erwähnt, der Horizontaldruck eines Gewölbstückes gegen die am Scheitel befindliche vertikale Ebene, welche als Fuge gedacht werden kann, dem Horizontaldrucke desselben Gewölbstückes auf die darunter befindlichen Widerlager gleich und kann durch das Gewicht dieses Gewölbstückes, hier von $4\frac{1}{2}$ Wölbsteinen, ausgedrückt werden. Bei dem in Fig. 148 dargestellten Gewölbe, dessen Stärke vom Scheitel bis zur Sohle beinahe um das Doppelte zunimmt, sind die drei unteren Wölbsteine in ihren Schwerpunkten unterstützt, indem die durch die Schwerpunkte dieser drei Wölbsteine gezogenen Vertikallinien auf die Lagerflächen der darunter befindlichen Wölbsteine treffen. Erst bei dem vierten Wölbsteine von der Sohle aufwärts trifft die durch den Schwerpunkt gezogene Vertikallinie vor die Lagerfläche $a'b'$ des darunter befindlichen Wölbsteines, so daß dieser Wölbstein nur durch den Druck der darüber befindlichen Wölbsteine in seiner Lage erhalten wird. Da nun das Gewölbstück, welches auf die Widerlager und gegen den Scheitel einen Horizontaldruck äußert, vom vierten Wölbstein aufwärts bis zum Scheitel bei dem verstärkten Gewölbe Fig. 148 nur aus $3\frac{1}{2}$ Wölbsteinen, bei dem gleich starken Gewölbe Fig. 147 dagegen aus $4\frac{1}{2}$ Wölbsteinen besteht, und da außerdem dieser Horizontaldruck dem Gewichte des den Druck äußernden Gewölbstückes gleich ist, so wird sich der Horizontaldruck des ganzen Gewölbes von gleicher Stärke Fig 147 und dem entsprechend die Stärke der Widerlager für dieses Gewölbe, zu dem Horizontaldruck des Gewölbes Fig. 148, welches nach der Sohle verstärkt ist, und ebenso die Stärke der Widerlager für dasselbe verhalten, wie sich das Gewicht von 9 der gleich starken Wölbsteine zu dem Gewichte von 7 der nach unten an Stärke zunehmenden Wölbsteine verhält.

Die in ihren Schwerpunkten unterstützten Wölbsteine sind als Theile der Gewölbe zu betrachten, welche die Widerlager nur senkrecht belasten, während die oberen, in ihren Schwerpunkten nicht unterstützten Wölbsteine auf die geneigten Lagerflächen der ersteren einen senkrechten Druck und zugleich einen horizontalen Schub äußern.

Die Lagerfuge zwischen dem oberen, den Horizontalschub bewirkenden, und dem unteren, diesen Horizontalschub auf die Widerlager übertragenden Theil der Gewölbe bildet nun den schwächsten Theil derselben; denn bei einem Nachgeben der Widerlager tritt eine Trennung des Gewölbes in der Weise ein, daß diese Lagerfugen sich nach außen öffnen. Es werden diese Lagerfugen, welche in Fig. 147 mit ab und in Fig. 148 mit $a'b'$ bezeichnet sind, die Trennungsfugen, und die Winkel α und β, welche die nach der Richtung dieser Fugen gezogenen Radien einschließen, die Centriwinkel der Trennungsfugen genannt. Haben wir uns überzeugt, daß der Horizontalschub

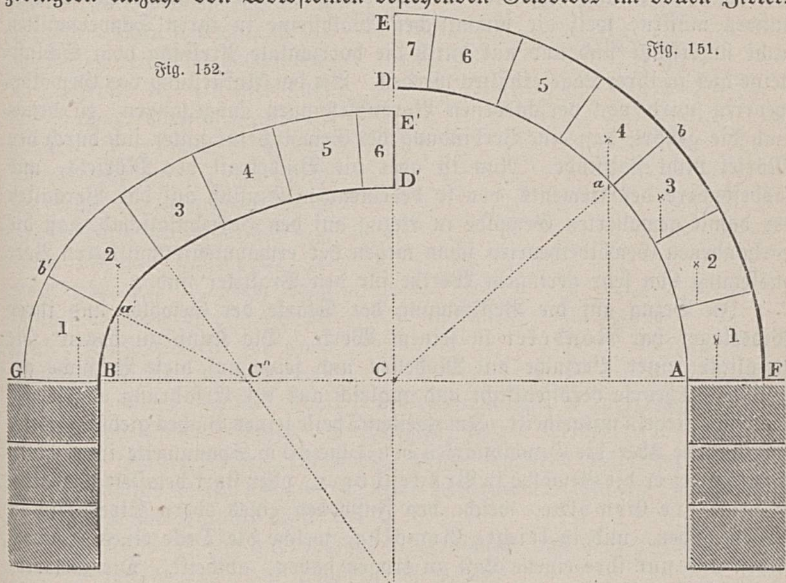
der Gewölbe von gleicher Spannweite und gleicher Pfeilhöhe und bei gleicher Stärke im Schlußsteine verschieden ist, je nachdem die Gewölbe entweder vom Schlußsteine bis zum Widerlager eine gleiche Stärke behalten, oder vom Schlußsteine abwärts nach den Widerlagern verstärkt werden, und daß dieser Horizontalschub zunimmt mit der Größe des Gewölbstückes, dessen Wölbsteine in ihren Schwerpunkten nicht unterstützt sind, so werden wir ebenso die weitere Verschiedenheit des Horizontalschubes der Gewölbe von gleicher Spannweite, aber ungleicher Pfeilhöhe, bestätigt finden.



Die Resultute aller Versuche über den Schub von Gewölben stimmen mit der Erfahrung in der Ausführung darin überein, daß ein Gewölbe mit überhöhter Bogenlinie weniger stark auf seine Widerlager schiebt als ein halbkreisförmiges, und das halbkreisförmige geringer als ein gedrücktes, und das scheitrechte Gewölbe am stärksten, wenn die Spannweite der Gewölbe eine gleiche ist.

Betrachten wir in Fig. 149 den senkrechten Querschnitt eines halbkreisförmigen Gewölbes und in Fig. 150 den senkrechten Querschnitt eines Spitzbogengewölbes, beide von gleicher Spannweite und aus annähernd gleich großen Wölbsteinen bestehend, so finden wir bei dem halbkreisförmigen Gewölbe Fig. 149 nur die drei unteren Wölbsteine in ihren Schwerpunkten unterstützt, so daß die Brechungsfuge $a\ b$ zwischen dem dritten und vierten Wölbsteine sich befindet, wogegen bei dem Spitzbogengewölbe Fig. 150 von der Sohle BG aufwärts fünf Wölbsteine in ihren Schwerpunkten unterstützt sind, und die Trennungsfuge $a'\ b'$ zwischen dem fünften und sechsten

Steine liegt. Denken wir uns diese beiden nur zur Hälfte dargestellten Gewölbe ergänzt, so wird der obere Theil des halbkreisförmigen Gewölbes, Fig. 149, welcher den Horizontalschub bewirkt, aus sieben Wölbsteinen bestehen, während dieser obere Theil des Spitzbogengewölbes, nach Fig. 150, nur aus fünf Wölbsteinen besteht. Hiernach wird sich der Horizontalschub des halbkreisförmigen Gewölbes zu dem Horizontalschub des Spitzbogengewölbes verhalten, wie sich das Gewicht von sieben Wölbsteinen zu dem Gewichte von fünf Wölbsteinen verhält, wenn zu beiden Gewölben Steine von gleicher Beschaffenheit angewendet werden. Es ist hiernach der Horizontalschub des aus einer größern Anzahl von Wölbsteinen bestehenden überhöhten Gewölbes ein geringerer, als der Horizontalschub des aus einer geringern Anzahl von Wölbsteinen bestehenden Gewölbes im vollen Zirkel.



Vergleichen wir das in Fig. 151 im Querschnitte dargestellte halbkreisförmige Gewölbe mit dem in Fig. 152 im Querschnitte dargestellten flachen Korbbogengewölbe, so finden wir, daß bei dem ersten die Brechungsfuge $a\ b$ zwischen dem dritten und vierten Wölbsteine von der Sohle $A\ F$ aufwärts sich befindet, und daß das obere, den Horizontalschub bewirkende Gewölbstück des ergänzt gedachten Gewölbes aus sieben Wölbsteinen besteht; daß dagegen bei dem letztern die Brechungsfuge $a'\ b'$ zwischen dem Anfänger und dem zweiten Wölbsteine sich befindet, und daß das obere, den Horizontalschub bewirkende Gewölbstück des ebenfalls ergänzt gedachten Gewölbes aus neun Wölbsteinen besteht. Da die, durch die Eintheilung an der Leibung

des halbkreisförmigen Gewölbes, Fig. 151, bestimmte Breite der Wölbsteine auch bei der Eintheilung an der Leibung des Korbbogengewölbes, Fig. 152, beibehalten wurde, so ist die Größe der Wölbsteine der sowol im Schlusse DE und $E'D'$ als an der Sohle AF und BG gleich starken Gewölbe nicht sehr verschieden, und es kann angenommen werden, daß der Horizontalschub des halbkreisförmigen Gewölbes, Fig. 151, sich zu dem Horizontalschube des flachen Korbbogengewölbes verhält, wie das Gewicht von sieben Wölbsteinen zu dem Gewichte von neun Wölbsteinen.

Aus dieser Betrachtung über den verschiedenen Horizontalschub der Gewölbe ergiebt sich, daß halkreisförmige Gewölbe in Bezug auf den Horizontalschub die Mitte halten zwischen überhöhten und gedrückten Gewölben, und daß scheitrechte Gewölbe um deswillen den größten Horizontalschub äußern müssen, weil die sämmtlichen Wölbsteine in ihren Schwerpunkten nicht unterstützt sind und nur durch die horizontale Pressung vom Schlußsteine aus in ihrer Lage erhalten werden. Bei der Aufstellung von Gewölbetheorien wird von verschiedenen Voraussetzungen ausgegangen, zu denen auch die gehört, daß eine Verbindung der Gewölbsteine unter sich durch den Mörtel nicht stattfinde. Nun ist aber die Bindekraft des Mörtels, und insbesondere des Cements, von so bedeutendem Einfluß auf das Verhalten der damit gemauerten Gewölbe in Bezug auf den Horizontalschub, daß die vorhandenen Gewölbetheorien schon wegen der erwähnten unhaltbaren Voraussetzung von sehr geringem Werthe für den Praktiker sind.

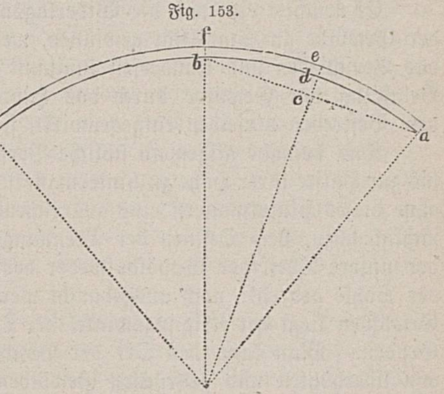
In Bezug auf die Bestimmung der Stärke der Gewölbe und ihrer Widerlager hat Rondelet in seinem Werke „Die Kunst zu bauen" die Resultate seiner Versuche mit Modellen und seine auf diese Versuche gegründete Theorie veröffentlicht und zugleich aus der Erfahrung abgeleitete praktische Regeln mitgetheilt. Im zweiten Theile seines Buches giebt Rondelet eine Tabelle über die Gewölbstärken von 1 bis 40 m Spannweite im Schlußstein, wobei er die Gewölbe in Brückenbögen, oder stark belastete Gewölbe, in mittlere Gewölbe, welche den Fußboden eines obern Stockwerks zu tragen haben, und in leichte Gewölbe, welche die Decke eines Raumes bilden und nur ihre eigene Last zu tragen haben, abtheilt. Die Gewölbstärke der Brückenbögen beträgt nach diesen Tabellen $^1/_{24}$ der in Fußen angegebenen Spannweite (3 Fuß = 1 m), wozu für jede Spannweite noch eine Verstärkung von 1 Fuß addirt wird. In Metermaß ausgedrückt ist die Stärke bei 1 m Spannweite 44 cm, und wächst für jeden weiteren Meter Spannweite um 4 cm, so daß sie bei 40 m Spannweite 2 m beträgt.

Die Stärke der mittleren Gewölbe beträgt die Hälfte, und die Stärke der leichten Gewölbe den vierten Theil der für eine gleiche Spannweite nach obiger Annahme ermittelten Stärke eines Brückenbogens. Diese Stärke bezieht sich auf den Schlußstein von Gewölben aus Hausteinen von mittler Härte, und es ist dabei angenommen, daß die Stärke an der Sohle doppelt so groß sei wie im Schlusse.

Für Backsteingewölbe giebt Rondelet im vierten Bande seines Werkes folgende Regeln an: Gewölbe, welche sich ohne Belastung nur selbst zu tragen haben, sollen im Schlusse mindestens den fünfzigsten Theil der Spannweite dick sein, wenn die Wölbsteine genau keilförmig bearbeitet oder geformt sind und das Gewölbe eine gleiche Stärke vom Schlusse bis zur Sohle hat. Erhalten Backsteingewölbe eine Verstärkung nach der Sohle, welche das Doppelte der Schlußsteinstärke beträgt, so bestimmt er die geringste Stärke von Tonnengewölben bis zu 9 m Durchmesser zu $12^1/_2$ bis $22^1/_2$ cm, sonach zwischen $^1/_{72}$ bis $^1/_{40}$ der Spannweite.

Bei dem Bau der Kirche St. Geneviève zu Paris hat Rondelet die Stärke der Tonnengewölbe nach einer Regel bestimmt, welche er nach Fig. 153 für gedrückte Stichbogengewölbe aufstellt. Man soll nämlich zur geringsten Stärke dieser Gewölbe im Schlusse $^1/_5$ der Pfeilhöhe des halben Bogens, also bf gleich $^{cd}/_5$, nehmen und diese Stärke noch um $^1/_{144}$ der Länge der Sehne ab vermehren, wenn das Gewölbe mit Gips, um $^1/_{96}$, wenn es mit Kalkmörtel gemauert ist, um $^1/_{72}$ aber, wenn es aus weichen Hausteinen besteht. Diese Stärke soll vom Schlußsteine bis zur Ausmauerung der Gewölbewinkel über der Brechungsfuge so zunehmen, daß sie daselbst das Anderthalbfache der Schlußsteinstärke beträgt.

Fig. 153.



Für halbkreisförmige Gewölbe, welche Rondelet unterscheidet, als:

a. Gewölbe, welche bis zum Scheitel hintermauert und im Scheitel horizontal ausgeglichen sind;
b. Gewölbe bis zur halben Höhe hintermauert und vom Schlusse bis zur Hintermauerung von gleicher Stärke; und
c. Gewölbe bis zur halben Höhe hintermauert und vom Scheitel bis zur Hintermauerung verstärkt,

giebt er Tabellen für die Bestimmung der Stärke dieser drei Arten von Gewölben. Aus diesen Tabellen geht hervor, daß die Stärke der Gewölbe ad a zu $^1/_{48}$ der Spannweite; ad b zu $^1/_{36}$ der Spannweite, und ad c im Schlußsteine ebenfalls zu $^1/_{48}$ der Spannweite und am Anschlusse an die Hintermauerung zu $^1/_{32}$ der Spannweite angenommen ist.

Die Stärke der Widerlagsmauern, welche vermöge ihrer Stabilität dem Drucke der Gewölbe und ihrer Belastung, insbesondere dem Horizontalschube derselben, vollkommen widerstehen müssen, hängt mit der Stärke und Schwere der Gewölbe, deren Druck ihrem Gewichte entspricht, aufs Innigste

zusammen. Durch den Horizontalschub der Gewölbe kann das Verschieben der Widerlagsmauern oder das Umwerfen derselben herbeigeführt werden. Der Widerstand gegen das Verschieben wird um so größer sein, je größer das Gewicht des Mauerkörpers ist, und der Widerstand gegen das Umwerfen, durch Drehung um die Hinterkante, wird mit dem Gewichte des Mauerkörpers und der Länge des Hebelarmes in Bezug auf die Drehachse, also der Breite des Mauerkörpers, zunehmen.

Man sucht durch die Hintermauerung der Gewölbe, welche aus einer Höherführung der Widerlagsmauern in horizontalen Schichten besteht, dem Horizontalschube der Gewölbe entgegenzuwirken und dadurch zugleich an Stärke für die Widerlager zu sparen.

Es leuchtet ein, daß die Widerlagsmauern durch die Hintermauerung der Gewölbe an Stabilität gewinnen, weil der Widerstand derselben gegen das Verschieben und Umwerfen zunimmt mit ihrem Gewichte, und daß die Belastung der Gewölbe durch das Hintermauern bis zur Brechungsfuge dem Bestreben derselben entgegenwirkt, sich nach außen zu öffnen.

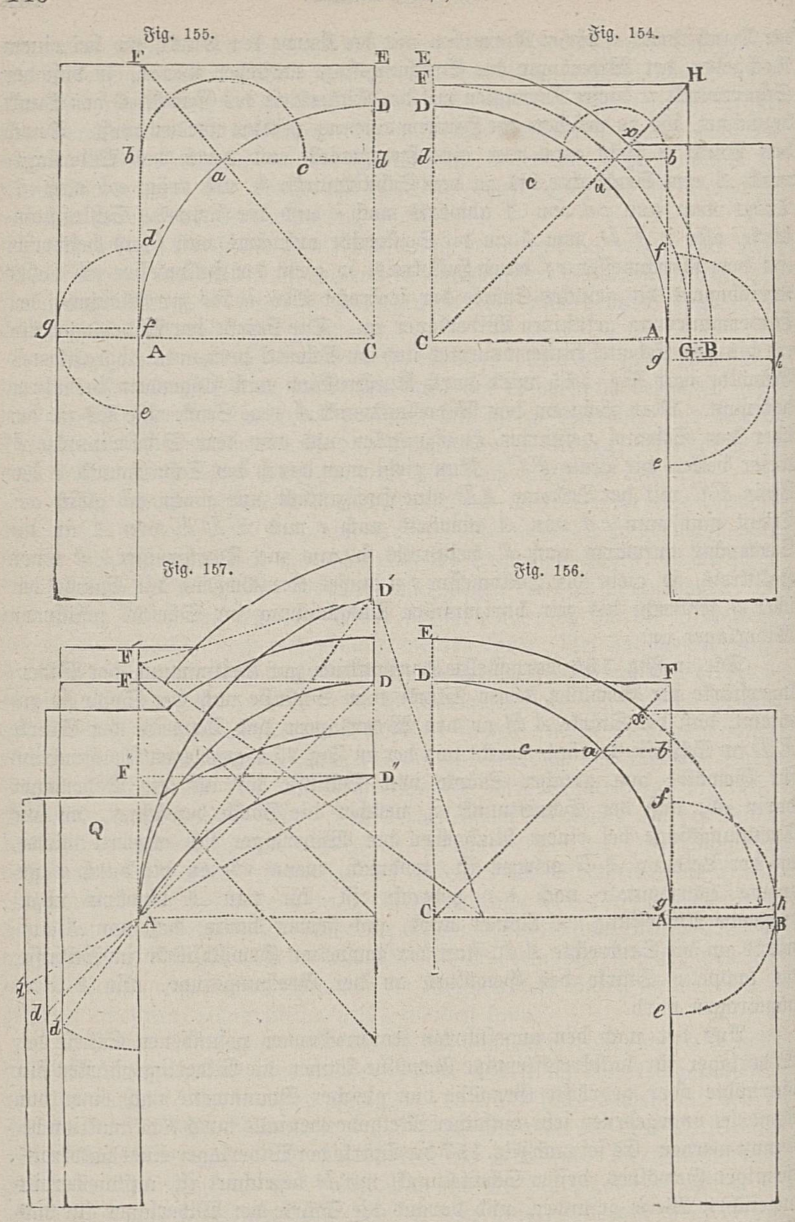
Das beinahe allgemein übliche Verfahren, halbkreisförmige Gewölbe bis zur Hälfte ihrer Höhe zu hintermauern, selbst wenn die Widerlagsmauern ohne dieses Hintermauern eine ausreichende Stabilität haben, dient hauptsächlich dazu, dem Oeffnen der Trennungsfugen dadurch vorzubeugen, daß der untere Theil der Gewölbe weder verschoben, noch um die Hinterkante der Sohle gedreht, noch ausgebaucht werden kann. Bei halbkreisförmigen Gewölben liegt der Neigungswinkel der Trennungsfugen zwischen 45 bis 60 Graden. Man kann den Ort der Brechungsfuge an der innern Leibung von überhöhten und gedrückten Gewölben finden, wenn man vom innern Scheitel des Gewölbes eine Tangente bis zur senkrecht verlängerten Widerlagslinie führt und von dem Schnittpunkte beider Linien auf die innere Wölblinie eine Normale zieht. Der Schnitt dieser Normalen mit der Rückenlinie des Gewölbes giebt die Höhe an, bis zu welcher die Hintermauerung desselben geführt wird. Rondelet hat in seiner Gewölbetheorie die Hintermauerung der Gewölbe mit in Anschlag gebracht und die für das Gleichgewicht zwischen Gewölbe und Widerlager gefundene Gleichung durch Zeichnung dargestellt, so daß hiernach die Aufgabe, die Widerlagsstärke eines Gewölbes zu bestimmen, wenn dessen Spannweite, Pfeilhöhe und Stärke im Schlußsteine gegeben ist, durch Konstruktion gelöst werden kann.

Soll die Stärke der Widerlager für ein halbkreisförmiges Gewölbe durch Konstruktion bestimmt werden, dessen Stärke am Widerlager dieselbe wie im Scheitel ist, so wird nach Fig. 154 wie folgt verfahren: Ist die Stärke DE im Schlusse angetragen, so beschreibt man aus dem Mittelpunkte C die innere Leibung AD, die Rückenlinie BE und, die Gewölbstärke halbirend, den Bogen FG. Zieht man nun an die Punkte F und G des mittlern Bogens Tangenten, also über F eine horizontale und über G eine lothrechte Linie, und von dem Schnittpunkte H die Linie HC, so bezeichnet

der Durchschnitt a dieser Normalen mit der Kurve den Punkt, wo bei einem Nachgeben der Widerlager die Brechungsfuge entstehen würde, so daß der Schnittpunkt x dieser Normalen mit der Rückenlinie des Gewölbes den Punkt bezeichnet, bis zu welchem die Hintermauerung geführt werden muß. Durch den Punkt a zieht man nun eine Horizontale und durch den Widerlagspunkt A eine Senkrechte bis zu dem Schnittpunkte b, und trägt ab nach ac. Trägt man nun cd von A abwärts nach e und die doppelte Schlußsteinstärke, also 2 ED, von A an die Senkrechte aufwärts nach f und beschreibt mit dem Durchmesser ef einen Halbkreis, so giebt der Halbmesser gh dieses Kreisbogens die gesuchte Stärke der senkrecht über h bis zur Gleichung der Hintermauerung geführten Widerlager an. Die Stärke der Widerlager für ein bis zum Scheitel hintermauertes und im Scheitel horizontal abgeglichenes Gewölbe nach Fig. 155 wird durch Konstruktion nach folgendem Verfahren bestimmt. Man zieht an den Widerlagspunkt A eine Senkrechte bis zu der über den Scheitel geführten Horizontalen und von dem Scheitelpunkte F dieser beiden die Linie FC. Nun zieht man durch den Schnittpunkt a der Linie FC mit der Leibung AD eine Horizontale und macht ab gleich ac. Trägt man nun cd von A abwärts nach e und 2 DE von A an die Senkrechte aufwärts nach d, beschreibt sodann mit Durchmesser ed einen Halbkreis, so giebt der Halbmesser fg dieses Kreisbogens die Stärke der über g senkrecht bis zur horizontalen Ausgleichung im Scheitel geführten Widerlager an.

Die in Fig. 156 dargestellte Konstruktion zur Bestimmung der Widerlagerstärke für Gewölbe, deren Stärke vom Schlusse nach der Sohle so zunimmt, daß die Stärke AB an den Widerlagern das Doppelte der Stärke ED im Schlusse beträgt, weicht von der in Fig. 154 gegebenen Konstruktion für Gewölbe von gleicher Stärke vom Schlusse bis auf die Widerlager darin ab, daß der Schnittpunkt a, welcher die Stelle bezeichnet, wo die Trennungsfuge bei einem Nachgeben der Widerlager sich ergeben würde, an der Leibung AD gelegen ist, wodurch, wenn ab an die durch a gezogene Horizontale nach ac gebracht ist, die von A abwärts anzutragende Abmessung cd kleiner wird, und ferner darin, daß von A aufwärts an die Senkrechte AF, statt der doppelten Gewölbstärke im Schlusse, die doppelte Stärke des Gewölbes an der Brechungsfuge, also 2 ax, angetragen wird.

Aus der nach den angeführten Konstruktionen gefundenen Stärke der Widerlager für halbkreisförmige Gewölbe können die Widerlagerstärken für überhöhte oder gedrückte Gewölbe von gleicher Spannweite nach einer von Rondelet angegebenen sehr einfachen Methode ebenfalls durch Konstruktion bestimmt werden. Es sei nach Fig. 157 die Stärke der Widerlager eines halbkreisförmigen Gewölbes, dessen Scheitelpunkt mit D bezeichnet ist, auf die bereits angeführte Weise gefunden, und daraus die Stärke der Widerlager für das Spitzbogengewölbe AD' und für das gedrückte Gewölbe AD'' zu bestimmen.


Fig. 155.
Fig. 154.
Fig. 157.
Fig. 156.

Man zieht die Sehne des halbkreisförmigen Gewölbes AD, verlängert dieselbe, bis sie die äußere Senkrechte der Widerlager in d schneidet, und beschreibt aus A mit $A\,d$ einen Kreisbogen. Zieht man nun an den Scheitelpunkten D' und D'' die Sehnen AD' und AD'' und verlängert dieselben, bis sie den aus A beschriebenen Kreisbogen schneiden, so werden durch die Durchschnittspunkte d' und d'', durch welche Senkrechte gezogen werden, die entsprechenden Stärken der Widerlagsmauern für das überhöhte und gedrückte Gewölbe bestimmt. Wir haben in Fig. 157 drei nach den Widerlagern verstärkte Gewölbe angenommen und bei jedem Gewölbe die der Stärke der Widerlager entsprechende Höhe der Hintermauerung angegeben. Nach der in Fig. 156 dargestellten Konstruktion wird der Punkt x an dem Gewölberücken, bis zu welchem die Hintermauerung geführt werden muß, durch eine Normale auf die Leibung bestimmt, welche von dem Schnittpunkte F einer durch den Scheitelpunkt D gezogenen Horizontalen und einer durch den Widerlagspunkt A gezogenen Senkrechten geführt wird. Nach der Theorie von Rondelet wird nämlich der Punkt x, welcher die Stelle bezeichnet, von welcher die Brechungsfuge normal auf die Leibung anzunehmen ist, gefunden, wenn man vom innern Scheitel des Gewölbes eine Tangente $D\,F$ (Fig. 156) bis zur senkrecht verlängerten Widerlagslinie, und von dem Schnittpunkte F dieser beiden Linien eine Normale auf die Leibung AD führt. Der Schnittpunkt x dieser Normalen mit der Rückenlinie BE giebt dann die Höhe der Hintermauerung an. Bei dem Halbkreise, dem Segmente, dem Korbbogen und der Ellipse ist die Tangente vom innern Scheitel eine Horizontale, bei dem Spitzbogen aber für jede Hälfte des Bogens eine nach entgegengesetzter Richtung gegen die Horizontalebene geneigte gerade Linie, so daß der Schnittpunkt F' (Fig. 157) tiefer liegt als der Schnittpunkt D'.

Zur Bestimmung der Widerlagerstärken von ansteigenden Gewölben giebt Rondelet eine seiner Gewölbetheorie entsprechende Konstruktion an, welche wir in Fig. 158 mittheilen wollen.

Die Punkte F und F' werden wie in Fig. 154 gefunden, von diesen Punkten die Normalen $F\,C$ und $F'\,C'$ gezogen und dadurch die Punkte a und a' bestimmt. Man zieht nun durch diese Punkte die Horizontalen $b\,g$ und $b'\,g'$, trägt $G\,H$ von b nach i und $i\,G$ von G nach f und macht $G\,h$ gleich ${}^{fg}/_{2}$. Darauf trägt man $h\,a$ von A abwärts nach m, die doppelte Gewölbestärke $2\,ED$ von A abwärts nach n, und beschreibt über $m\,n$ einen Halbkreis, dessen Halbmesser $o\,p$ die gesuchte Stärke der höheren Widerlager angiebt. Um die Stärke der unteren Widerlager zu finden, trägt man $G'\,q$ von a' nach k und halbirt $k\,G'$ in l, macht sodann $a'\,c$ gleich $a'\,b'$, trägt $c\,l$ von A' abwärts nach m', $2\,E\,D$ von A aufwärts nach n' und beschreibt über $m'\,n'$ einen Halbkreis, so ist der Halbmesser $o'\,p'$ die Abmessung der gesuchten Stärke der unteren Widerlager.

Was wir über die Bestimmung der Stärke von Gewölben und deren Widerlager mitgetheilt haben, bezieht sich auf die allen Theorien zu Grunde gelegte

einfache Form der Tonnengewölbe und findet seine Anwendung auch auf die aus Tonnengewölbetheilen bestehenden und anderen Gewölbe, wenn die Richtung des Druckes ermittelt ist. Wir werden bei der Betrachtung dieser verschiedenen Gewölbe, wenn von deren Ausführung die Rede sein wird, darauf zurückkommen.

Die nach der Theorie von Rondelet durch die erwähnten Konstruktionen bestimmten Widerlagerstärken für Tonnengewölbe können als ausreichend betrachtet werden für Gewölbe aus Hausteinen oder Bruchsteinen, sind aber deshalb zu groß für Gewölbe aus Backsteinen oder anderen porösen und dabei leichten Wölbsteinen. Die Größe der Backsteine ist geringer, die Bindekraft eines guten Mörtels um Vieles größer als das Eigengewicht der Steine, und das Erhärten des Mörtels, zumal wenn er hydraulisch ist, erfolgt in so kurzer Zeit, daß das Schwinden desselben nach erfolgtem Schließen der Gewölbe beinahe gar nicht in Betracht zu ziehen und hiernach ein sorgfältig und mit dem besten Materiale ausgeführtes Backsteingewölbe als dasjenige zu betrachten ist, welches wegen des innigen Zusammenhanges des Wölbekörpers den geringsten Horizontalschub äußert und, dem entsprechend, die geringste Stärke der Widerlager verlangt. Außer der innigen Verbindung der Wölbsteine unter sich durch den Mörtel trägt nun auch noch zur Verringerung des Horizontalschubes der Gewölbe die Leichtigkeit des Wölbematerials wesentlich bei. Bei allen Gewölbetheorien ist dies unberücksichtigt geblieben und, schon aus diesem Grunde, durch ihre Anwendung ein wesentlicher Fortschritt im Gewölbebau nicht erzielt worden.

Wenn den Neueren noch der Vorwurf gemacht wird, daß sie im Allgemeinen ihre Gewölbe und deren Widerlager zu stark machen, so mag dies in Bezug auf solche Gewölbe, welche nur zur Ueberdeckung von weiten Räumen dienen und außer ihrem eigenen Gewichte keine andere Belastung zu tragen haben, nicht ganz ohne Grund sein. Wo die Wissenschaft keinen andern Anhalt bietet und der Erfahrung allein die Entscheidung überlassen bleiben muß, da folgt der Praktiker gern den bekannten, aus der Erfahrung abgeleiteten Regeln und vermeidet, insbesondere bei Gewölben, Abweichungen von den Widerlagerstärken, welche an anderen Bauwerken, unter ähnlichen Umständen in Anwendung gebracht, vollkommene Sicherheit gewähren.

Leider wird dabei die Gewölbetechnik der mittelalterlichen Werkmeister, die sich gerade dadurch auszeichnet, daß der Horizontalschub auf die Widerlager geradezu unwirksam gemacht und als nicht vorhanden zu betrachten ist, selten zu Rathe gezogen. Die auf schlanken, himmelanstrebenden Pfeilern ruhenden Gewölbe unserer deutsch-mittelalterlichen Kirchen stehen, als vollgiltige Muster der Gewölbetechnik, weit über den Leistungen der in großartigen Gewölbebauten geübten Römer und Byzantiner.

Möglich, daß durch die Mittheilung der Resultate gründlicher Forschungen in Bezug auf die Mittel, durch deren Anwendung unsere scharfsinnigen alten Werkmeister im Stande waren, so Herrliches zu schaffen, ein helleres Licht über das bis jetzt noch im Halbdunkel liegende Gebiet des Gewölbebaues verbreitet werden

wird. Dazu nach Kräften beizutragen, ist Vielen Gelegenheit geboten. Möge es vereintem Streben, dem auch wir uns freudig anschließen, gelingen, das bis jetzt noch wenig erkannte Vermächtniß unserer Altvordern der Mitwelt zur klaren Erkenntniß zu bringen und es dadurch zu einem fruchtbringenden Gemeingute zu machen. Wir werden die Prinzipien dieser Wölbekunst zwar erst später nachzuweisen suchen, wenn wir die Ausführung von denjenigen Gewölben besprechen, an denen sie vollständig durchgeführt sind; was jedoch einzeln im Geiste des Prinzips auf andere Gewölbeformen anwendbar oder bereits angewendet ist, werden wir an passender Stelle anzuführen nicht umhin können, selbst auf die Gefahr hin, durch Wiederholungen zu ermüden.

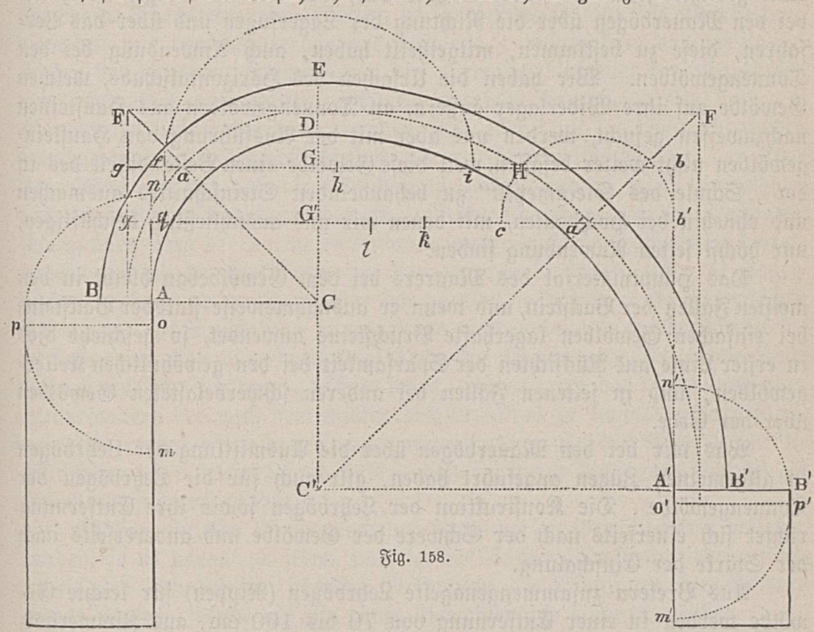


Fig. 158.

Wir haben bereits erwähnt, daß das Tonnengewölbe als die einfachste Grundform der übrigen Gewölbe betrachtet werden kann, und werden uns demgemäß in unserer folgenden Betrachtung über die Form und Ausführung der Gewölbe zunächst mit diesem einfachen Gewölbe beschäftigen.

Das Tonnengewölbe. Die Leibung dieses Gewölbes bildet, wenn die Wölblinie aus einem Halbkreise besteht und die Widerlager unter sich parallel sind, die Oberfläche eines halben Cylinders, und es hat von dieser einer Tonne ähnlichen Form die verschiedenen, aber doch gleichbedeutenden Namen Tonnengewölbe, Kufengewölbe oder Faßgewölbe erhalten. Mit dieser Benennung werden nun alle diejenigen Gewölbe bezeichnet, deren Oberfläche als durch die Fortbewegung der im vollen Zirkel gedrückt oder

überhöht angenommenen Bogenlinie, nach der Richtung der Achse gebildet gedacht werden kann, und bei welchen außerdem die Lagerfugen parallel sind mit der Achse und den Widerlagern. Hiernach sind selbst scheitrechte Gewölbe, wenn deren Lagerfugen mit den Widerlagern und unter sich parallel sind, als Tonnengewölbe zu betrachten. Gleichwol werden beinahe allgemein die sehr flachen Tonnengewölbe von geringer Spannweite Kappengewölbe genannt.

Die unter sich parallelen Lagerfugen der Tonnengewölbe müssen, der Hauptregel des Steinverbandes entsprechend, zugleich normal auf die Bogenlinie gerichtet sein. Es findet deshalb Das, was wir im vorigen Abschnitte bei den Mauerbögen über die Richtung der Lagerfugen und über das Verfahren, diese zu bestimmen, mitgetheilt haben, auch Anwendung bei den Tonnengewölben. Wir haben die Ursachen des Horizontalschubs, welchen Gewölbe auf ihre Widerlager äußern, an Tonnengewölben aus Hausteinen nachzuweisen gesucht, werden uns aber mit der Ausführung von Hausteingewölben nicht weiter befassen, weil diese Gewölbe einen Bestandtheil des in der „Schule des Steinmetzen" zu behandelnden Steinschnittes ausmachen und ohnehin bei Hochbauten, mit denen wir uns ausschließlich beschäftigen, nur höchst selten Anwendung finden.

Das Hauptmaterial des Maurers bei dem Gewölbebau bleibt in den meisten Fällen der Backstein, und wenn er ausnahmsweise statt der Backsteine bei einfachen Gewölben lagerhafte Bruchsteine anwendet, so geschieht dies in erster Linie aus Rücksichten der Sparsamkeit bei den gewöhnlichen Kellergewölben, und in seltenen Fällen bei anderen schwerbelasteten Gewölben über der Erde.

Was wir bei den Mauerbögen über die Ausmittlung der Lehrbögen in allgemeinen Zügen angeführt haben, gilt auch für die Lehrbögen der Tonnengewölbe. Die Konstruktion der Lehrbögen sowie ihre Entfernung richtet sich einerseits nach der Schwere der Gewölbe und andererseits nach der Stärke der Einschalung.

Aus Bretern zusammengenagelte Lehrbögen (Rippen) für leichte Gewölbe werden in einer Entfernung von 70 bis 100 cm, aus Zimmerholz konstruirte Lehrbögen für schwere Gewölbe in einer Entfernung von 1 bis 1,5 m aufgestellt. Die Schalung soll sich beim Mauern nicht einbiegen, müßte sonach im Verhältniß der Entfernung der Lehrbögen stark sein. Um nun aber, selbst bei schweren Gewölben, schwache Schalborde oder Latten anwenden zu können, ohne die Anzahl der kostspieligen Lehrbögen aus Zimmerholz vermehren zu müssen, genügt es, zwischen die zum Tragen des Gewölbes bestimmten Hauptlehrbögen leichte, nur aus Bretern zusammengenagelte Lehrbögen in solcher Entfernung aufzustellen, daß die Schalung gegen das Einbiegen gesichert wird. Da die Lehrbögen lothrecht aufgestellt werden müssen, bei ansteigenden Gewölben aber die Bogenlinie normal auf die ansteigende Achse angenommen wird, so ist darauf bei dem Ausmitteln

der Lehrbögen Rücksicht zu nehmen. Die Lehrbögen ansteigender Gewölbe im Halbkreis werden hiernach Ellipsen bilden.

Die normale Richtung der Lagerfugen kann bei Tonnengewölben selten durch die Schnur oder das Richtscheit bestimmt werden. Man bedient sich dazu des bereits bei den Mauerbögen erwähnten Lehrbretes, der Schablone.

Tonnengewölbe aus Bruchsteinen. Wie bei dem Verbande für gerade Mauern aus Bruchsteinen die Herstellung durchgehender horizontaler Schichten gefordert wurde, so muß bei dem Wölben mit Bruchsteinen gefordert werden, daß die Wölbschichten parallel laufen mit der Achse des Gewölbes und normal auf die Schalung gerichtet sind. Nehmen wir an, daß nur lagerhafte Bruchsteine zum Wölben geeignet sind, so kann die Bearbeitung derselben mit dem Maurerhammer doch nie so richtig sein, daß die Lagerflächen der einzelnen Steine genau der normalen Richtung der Lagerfugen eines Gewölbes entsprechen. Können sehr feste Bruchsteine nicht mit dem Hammer keilförmig bearbeitet werden, sind aber sonst lagerhaft und haben annähernd parallele Lagerflächen, so werden sie beim Wölben mit der einen Lagerfläche normal auf die Einschalung gelegt, und es wird die andere, nach dem Rücken des Gewölbes zu klaffende Lagerfuge mit gut passenden Steinstücken nach der normalen Richtung ausgezwickt, das heißt scharf hintermauert. Sind die Wölbsteine im Ganzen zwar lagerhaft, aber die Lagerflächen uneben und weniger unter sich parallel, so daß keine der Lagerflächen als normal zur Einschalung angenommen werden kann, so werden die Steine so vermauert, daß eine durch die Mitte der Steine gedachte gerade Linie normal auf die Schalung gerichtet wäre, und es wird das Auszwicken oder Hintermauern der nach dem Rücken des Gewölbes zu klaffenden Lagerfugen auf beiden Lagerseiten der Steine vorgenommen. In der Regel sollen die Wölbsteine eine solche Länge haben, daß sie durch die ganze Stärke des Gewölbes hindurch reichen.

Müssen einzelne Steine nach der Richtung der Gewölbestärke gestoßen werden, so ist darauf zu sehen, daß bei den Stößen kein Hinterfüttern stattfindet, und daß bei der nächsten Wölbschicht die Stoßfugen von Bindern gedeckt werden, welche auf die ganze Gewölbestärke hindurch reichen.

Da die Festigkeit der Bruchsteingewölbe von der innigen Verbindung der Steine durch einen gut bindenden Mörtel hauptsächlich abhängt, so ist bei fleißiger Arbeit in Bezug auf die feste Lage der einzelnen Steine und die Einhaltung eines guten Verbandes das richtige Auftragen des Mörtels von größter Wichtigkeit. Wir wissen, daß die Lagerfugen der Gewölbe sich nach außen öffnen, wenn eine Senkung im Scheitel stattfindet. Da nun Bruchsteingewölbe infolge der Zusammenpressung der Mörtelfugen sich nothwendig nach dem Herausnehmen der Lehrgerüste senken müssen, so ist darauf bei dem Auftragen des Mörtels Bedacht zu nehmen. Der Mörtel muß auf die bereits normal auf die Schalung ausgeglichenen Lager nach der Schalung stärker als gegen den Gewölberücken aufgetragen, es muß nach dem Rücken

scharf und nach der Leibung satt gemauert werden. Es ist deshalb beim Ausgleichen der Wölbschichten Regel, daß der Maurer die Steine nach der Schablone eher scharf anschließend — stolz — als rückwärts fallend vermauert. Wie bei den Mauerbögen, so muß auch bei den Gewölben das Wölben von beiden Widerlagern aus gleichzeitig begonnen und bis zum Schlusse gleichmäßig vorschreitend fortgesetzt werden. Die letzten Schichten beider Gewölbeschenkel, welche die Oeffnung zur Aufnahme der Schlußsteine begrenzen, müssen durchaus aus ganzen Steinen von solcher Länge bestehen, daß sie durch die ganze Gewölbestärke hindurch reichen. Die möglichst genau nach der normalen Richtung der zugehörigen Lagerfugen keilförmig bearbeiteten Schlußsteine, welche gleichfalls eine Länge haben müssen, die der Stärke des Gewölbes entspricht, und deren Breite an der Leibung nur um Weniges geringer sein darf, als die obere Breite der zu ihrer Aufnahme bestimmten Oeffnung, müssen mit Anwendung einer im Verhältnisse zu der Größe der Gewölbe stehenden Kraft eingetrieben werden. Zum Eintreiben der Schlußsteine ist die Anwendung der Handramme am geeignetsten, weil die Wirkung derselben mit der Hubhöhe beliebig verändert werden kann. Wird dazu ein schwerer Schlaghammer — die Schlage — angewendet, so müssen die Schlußsteine gegen das Zersplittern durch einen Holzuntersatz gesichert werden. Ein bis zur Einschalung eingetriebener Schlußstein soll bei fortgesetzter Anwendung der Ramme oder der Schlage nicht mehr tiefer eindringen, nach der Sprache des Maurers nicht mehr ziehen. Der richtige Schluß eines ganzen Gewölbes ist daran zu erkennen, daß das Gewölbe unmittelbar nach dem Eintreiben der Schlußsteine nicht mehr scharf auf der Unterstützung ruht. — Ist das Schließen eines Gewölbes vollendet, so werden die durch das Zusammenpreßen des Gewölbekörpers nach außen geöffneten Fugen am zweckmäßigsten durch einen über das Gewölbe verbreiteten Ueberzug von Gußmörtel geschlossen und, wo die Fugen stark klaffen, mit Steinen ausgekeilt.

Die Ausrüstung der Bruchsteingewölbe kann nicht unmittelbar nach dem Schließen derselben vorgenommen, darf aber auch nicht bis zum vollständigen Erhärten des Mörtels verschoben werden. Im erstern Falle würde bei den meisten Steinarten der weiche Mörtel nicht hinlänglich fest anhaften und aus den Fugen herausgedrückt werden; im letztern Falle entständen bei dem unvermeidlichen Senken Risse und Sprünge im Mörtel, und die auf der innigen Verbindung der Steine unter einander beruhende Festigkeit der Gewölbe würde beeinträchtigt. Die Einrüstung muß nach erfolgtem Schließen so lange unverändert stehen bleiben, bis der Mörtel erstarrt, aber noch nicht erhärtet ist. Der Mörtel soll dem Drucke mit den Fingern einigen Widerstand leisten, dabei aber noch so bildsam sein, daß durch das nach der Herausnahme der Rüstung erfolgende Senken kein Trennen der Mörtelfugen bewirkt wird. Bei trockenen und porösen Wölbsteinen kann ein bei günstiger Witterung ausgeführtes Bruchsteingewölbe schon nach acht Tagen ausgerüstet werden, wogegen die Ausrüstung von Bruchsteingewölben, aus festen Steinen

und bei nasser Witterung ausgeführt, erst nach mehreren Wochen vorgenommen werden darf. Um die Einrüstung nach und nach, sowie das Erhärten des Mörtels vorschreitet, senken zu können, setzt man die Lehrbögen, besser aber noch die Schwellen, worauf die Lehrbögen ruhen, auf doppelte, nach entgegengesetzter Richtung neben einander gelegte Keile, durch deren gleichmäßiges Lösen die Rüstung ohne Erschütterung beliebig gesenkt werden kann Sind die Gewölbe an den Stirnen offen, so wird mit dem Herausnehmen der Einschalung an den Gewölbeanfängen begonnen, so daß durch das Nachfallen der obern Schalborde die Lehrbögen frei werden und mit Leichtigkeit umgelegt werden können. Werden Gewölbe in bereits durch Stirnmauern abgeschlossenen Räumen ausgeführt, wie dies bei den Kellergewölben meist der Fall ist, so müssen bei der Ausrüstung die Lehrbögen mit der ganzen Einschalung zugleich umgelegt werden. Es wird dies bei dem Aufstellen der Lehrbögen berücksichtigt, indem man die Schwellen, worauf diese Bögen zu stehen kommen, durch kurze Pfosten unterstützt, welche mit Steinen oder Bretstücken unterlegt sind. Soll nun ausgerüstet werden, so werden die Stützpfosten der Schwelle bis auf einige wenige untergraben und herausgenommen und sodann die letzten Stützen durch außerhalb des überwölbten Raumes stehende Arbeiter entweder vermittels Zimmerhaken oder durch an den Fußenden der Stützen befindliche Seile umgezogen.

Damit die Einrüstung durch dieses Einstürzen nicht zu Grunde geht, wird in der Regel bei Kellern von bedeutender Tiefe das Erdreich vor dem Ausführen der Wölbung nur bis etwa 50 cm unter die Gewölbesohle, und erst nach erfolgter Ausrüstung in größerer Tiefe ausgegraben.

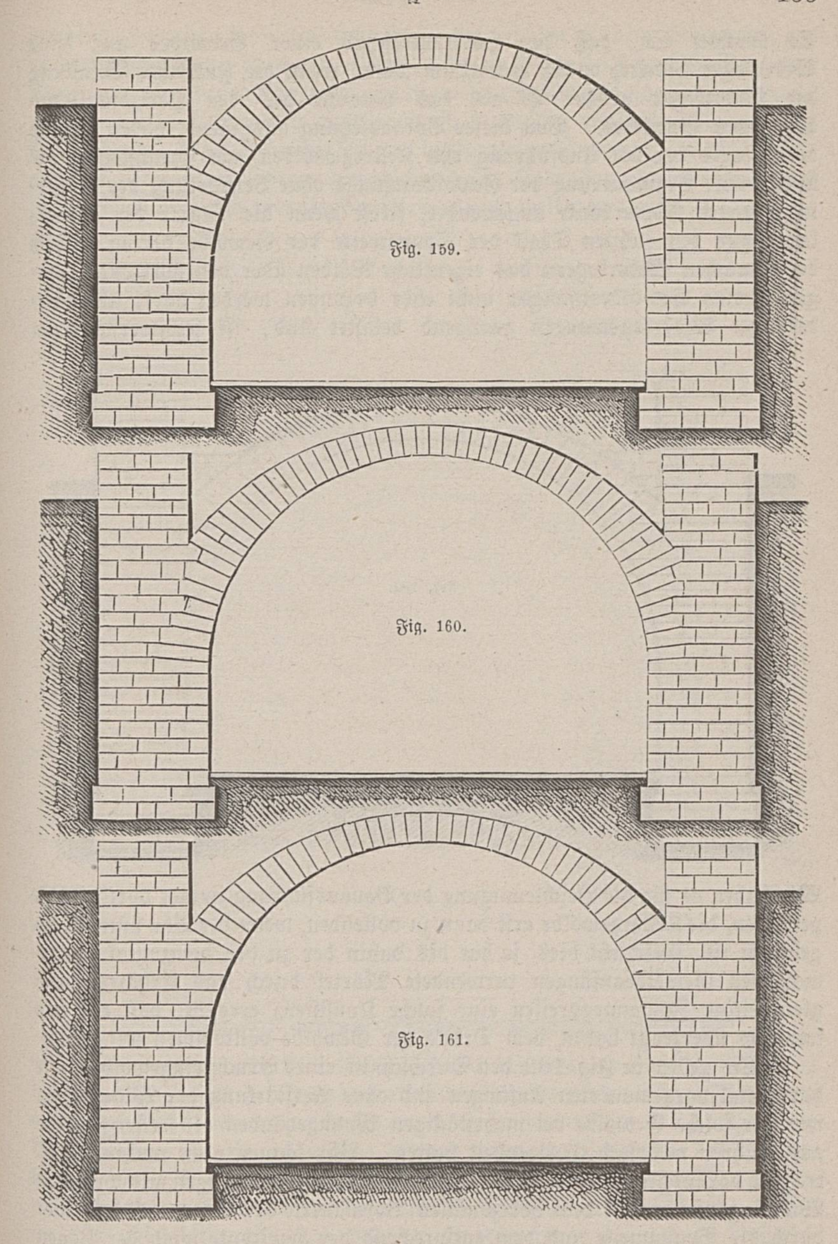
Nach dieser allgemeinen Betrachtung über die Ausführung von Tonnengewölben aus Bruchsteinen gehen wir nunmehr auf die Behandlung der Einzelheiten näher ein.

Von der größten Wichtigkeit in Bezug auf die Festigkeit und Tragfähigkeit der Gewölbe ist die Art der Verbindung derselben von den Widerlagern aus mit der als Fundament belasteter Mauern dienenden Hintermauerung. Bei Kellergewölben richtet sich die Spannweite der Gewölbe hauptsächlich nach der Entfernung der Fundamentmauern für die Umfangs- und Scheidemauern der Gebäude. Der möglichst ausgedehnten Benutzung der zu überwölbenden Kellerräume, sowie den Anforderungen der überall im Auge zu behaltenden Sparsamkeit entsprechend, sucht man die Stärke der Gewölbewiderlager auf das geringste Maß einzuschränken. Die Umfangs- und Scheidemauern in der erforderlichen Stärke anzulegen, und außerdem nach den zu überwölbenden Räumen hin diese Mauern auf die Höhe der Widerlager noch um so viel zu verstärken, daß das Gewölbe auf Mauerbänken ruht, deren Breite gleich ist der Stärke des Gewölbes an der Sohle, findet deshalb bei Kellerüberwölbungen keine Anwendung.

Die Verstärkung der Fundamentmauern als Widerlager bis zur Sohle der Gewölbe richtet sich in der Regel danach, daß die Gesammtstärke der

Mauer unterhalb der Gewölbesohle gleich sein soll der nach der Erfahrung erforderlichen Widerlagerstärke des auszuführenden Gewölbes. Es werden nun auf übliche Weise die Gewölbe entweder nach Fig. 159 nicht gleichzeitig mit der Hintermauerung gewölbt, sondern erst später, nachdem die auf den Widerlagern ruhenden Mauern aufgeführt sind, auf die inneren schwachen Mauerbänke gesetzt und zwischen die Umfangsmauern eingespannt, oder sie werden nach Fig. 160 mit den Umfangsmauern in Verbindung so gewölbt, daß die geneigten Wölbschichten in die horizontalen Schichten der gleichmäßig aufgeführten Hintermauerung eingreifen und sich so beide Schichten abwechselnd überbinden. Durch das Aufsetzen der Gewölbe auf schmale Mauerbänke nach Fig. 159 wird die Tragfähigkeit derselben um so geringer, je weniger die Mauerbänke im Verhältniß zu der der Stärke des Gewölbes entsprechenden Sohle breit sind, und durch eine Verbindung der geneigten Wölbschichten mit den horizontalen Mauerschichten, nach Fig. 160, werden an den Verbindungsstellen Trennungen im Mauerkörper entstehen, veranlaßt durch das Schließen der Gewölbe und deren Senken nach dem Ausrüsten.

Sind die angeführten Nachtheile der üblichen Wölbung nach Fig. 159 und Fig. 160 nicht zu bestreiten, so werden wir davon abgehen müssen und dem von den mittelalterlichen Werkmeistern bei dem Herausmauern der Gewölbeanfänge allgemein angewendeten Verfahren, welches in Fig. 161 dargestellt ist, den Vorzug geben. Dieses Verfahren besteht darin, daß von dem Widerlager aus der untere Theil der Gewölbe durch horizontale Mauerschichten, welche kragsteinartig bis zur Einschalung vorgeschossen werden, gebildet wird, und daß die eigentliche Wölbung mit normal auf die Einschalung gerichteten Lagerfugen erst von da an beginnt, wo die äußere Bogenrundung die Senkrechten der innern Mauerflucht in *c* und *d* schneidet. Von diesen Schnittpunkten aus werden die nach der Gewölbeleibung horizontal vorgemauerten Schichten in der normalen Richtung der Lagerfugen für die erste Wölbschicht ausgeglichen. Vorausgesetzt, daß die kragsteinartige Vormauerung dieser Gewölbeanfänge mit großen und lagerhaften Steinen in gutem Verbande ausgeführt wird, so kann durch die Wirkung des Horizontalschubes von dem obern, in normalen Wölbschichten gemauerten Gewölbe eine Trennung an den Gewölbeanfängen nicht entstehen, weil keine andere Veränderung dieser Mauerschichten denkbar ist, als das horizontale Verschieben derselben. Die horizontale Vormauerung kann hiernach als eine Verstärkung der Widerlager betrachtet werden, durch welche zugleich die Spannweite des Gewölbes verringert wird. Wir haben in Fig. 161 die in Fig. 159 und 160 angenommene Verstärkung der Widerlager behufs der Mauerung von den Gewölbeanfängen des Vergleiches wegen beibehalten, bemerken aber, daß eine solche Verstärkung der Widerlager bei der horizontalen Vormauerung der Gewölbeanfänge durchaus nicht erforderlich ist, wenn die Widerlagsmauern ausreichend belastet werden.


Fig. 159.
Fig. 160.
Fig. 161.

Es leuchtet ein, daß der Horizontalschub eines Gewölbes auf seine Widerlager dadurch völlig unwirksam wird, wenn die senkrechte Belastung der Widerlager größer ist als das Gewicht des den Horizontalschub äußernden Gewölbes. Von dieser Voraussetzung ausgehend, haben wir in der Praxis bei der Ausführung von Kellergewölben aus Bruchsteinen die horizontale Vormauerung der Gewölbeanfänge ohne Verstärkung der Widerlager durch Mauerbänke angewendet, selbst wenn die Stärke der Widerlager nur den sechsten Theil der Spannweite der Gewölbe betrug. Daß bei schwachen Widerlagern das eigentliche Wölben über den horizontal vorgemauerten Gewölbeanfängen nicht eher begonnen werden darf, als nachdem die Widerlagsmauern genügend belastet sind, ist selbstverständlich.

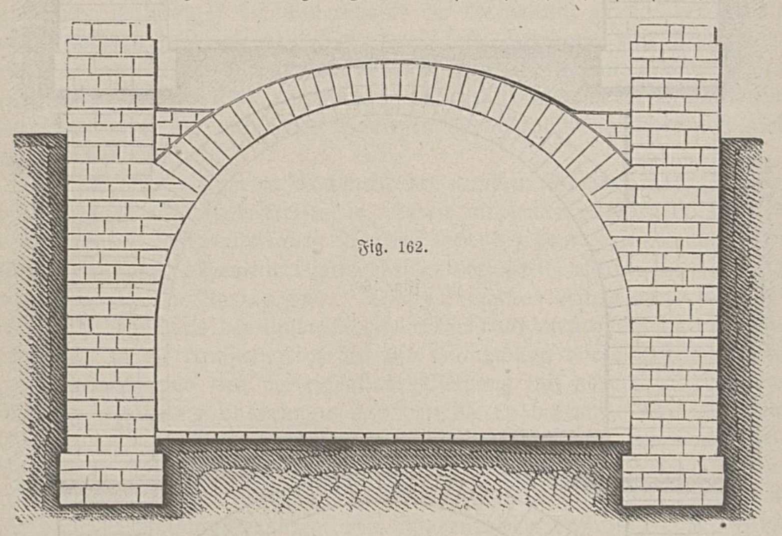


Fig. 162.

Wir haben es für die Beschleunigung der Bauausführung immer vortheilhaft gefunden, die Kellergewölbe erst dann zu vollenden, wenn der Bau unter Dach gebracht ist. Geschieht dies, so hat bis dahin der zu den horizontal vorgemauerten Gewölbeanfängen verwendete Mörtel durch das Erhärten und gleichzeitige Zusammenpressen eine solche Konsistenz erreicht, daß er, wie wir uns überzeugt haben, dem Drucke der Gewölbe vollkommen widersteht.

Wir geben in Fig. 162 den Durchschnitt eines Bruchsteingewölbes mit horizontal vorgemauerten Anfängen und ohne Verstärkung der Widerlager, wie wir solche Gewölbe bei mehrstöckigen Wohngebäuden als Kellergewölbe auszuführen mehrfach Gelegenheit hatten. Wir können nicht umhin, nachträglich darauf hinzuweisen, daß bei schwerbelasteten Mauerbögen mit schwachen Widerlagspfeilern in dem horizontalen Vormauern der Bogenanfänge, wodurch die Spannweite und dem entsprechend der Horizontalschub der Bögen

vermindert werden kann, das sicherste Mittel geboten ist, dem Ausweichen der Widerlagspfeiler zu begegnen. Nehmen wir nach Fig. 163 einen freistehenden Thurm an, über dessen Bogeneingang in zweiten Stockwerke eine Fensteröffnung von geringerer Lichtenweite angebracht ist, so werden wir uns an diesem einen Beispiele von der Zweckmäßigkeit der horizontalen Vormauerung der Bogenanfänge so genügend überzeugen, daß wir die Anwendung dieses Verfahrens in ähnlichen Fällen dem denkenden Maurer nicht weiter zu empfehlen brauchen.

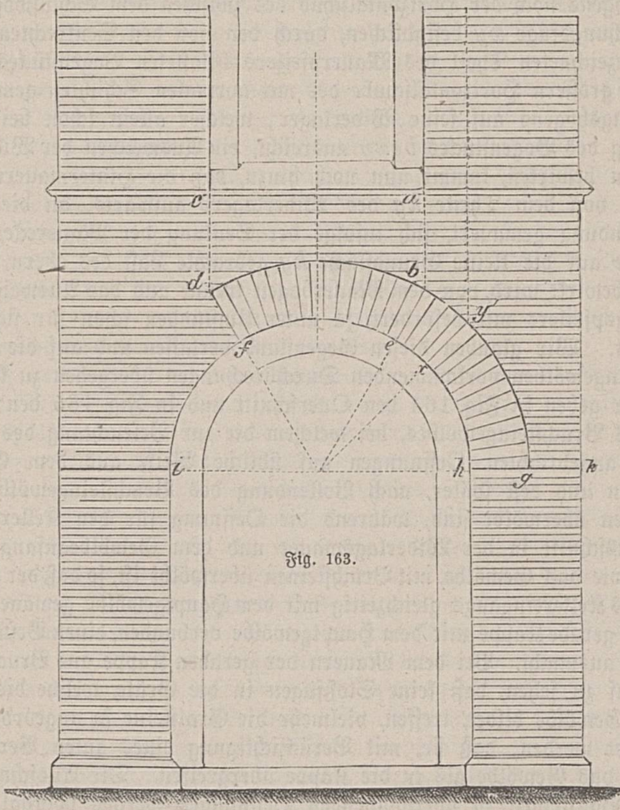


Fig. 163.

Wir haben in Fig. 163 die eine Hälfte des über die Hausteineinfassung des Bogeneinganges gesprengten Entlastungsbogens nach üblicher Mauerung mit durchgehend normalen Fugen, und die andere Hälfte mit horizontaler Vormauerung der Bogenanfänge bis zur normalen Lagerfuge des Schlußbogens von 60 Graden gezeichnet Der Druck des mit dem Mauertheile *abcd* belasteten Schlußbogens *bdef* von 60 Graden wirkt auf die Lagerfugen *be* und *fd* gleichmäßig, so daß die Bogenanfänge *he* und *fi* bezüglich

des Schlußbogens einem gleichen Horizontalschube zu widerstehen haben. Während aber nur der Horizontalschub dieses Schlußbogens auf die geneigte Lagerfuge *fd* der horizontalen Vormauerung wirkt und die Last des auf die horizontale Vormauerung des Bogenanfanges gesetzten Mauerpfeilers gerade dazu beiträgt, die Wirkung des von dem Schlußbogen ausgehenden Horizontalschubes aufzuheben, wirkt auf das horizontale Widerlager *gh* des mit normalen Schichten gemauerten Bogens außer dem Horizontalschube des Schlußbogens noch der Horizontalschub des zwischen dem Schlußbogen und der Brechungsfuge *xy* befindlichen, durch den von den Senkrechten über *b* und *y* bezeichneten Theil des Mauerpfeilers belasteten Bogenstückes *bexy*. Zu dem größern Horizontalschube des mit normalen Schichten gemauerten Entlastungsbogens auf seine Widerlager, welcher allein schon bei großer Belastung des Bogenstückes *bexy* ausreicht, ein Ausweichen der Widerlagspfeiler zu bewirken, kommt nun noch hinzu, daß die Hintermauerung des Bogens, von dem Theile *kg* des Widerlagers aufwärts, an die äußere Bogenrundung gemauert, sich infolge der Senkung der Mauerecke, welche durch die auf die kleine Grundfläche *kg* gebrachte Last des obern Mauerpfeilers bewirkt wird, von dem Mauerbogen trennt und das Ausweichen des Widerlagspfeilers mit befördert, ja unter Umständen schon für sich allein veranlaßt. Wir glauben diesen Gegenstand verlassen und auf die bei den Bruchsteingewölben vorkommenden Durchbrechungen übergehen zu können.

Wir geben in Fig. 164 den Querschnitt und in Fig. 165 den Grundriß eines Bruchsteingewölbes, bei welchem die zur Beleuchtung des Kellerraumes angebrachten Oeffnungen auf übliche Weise aus dem Gewölbe geschnitten und erst später, nach Vollendung des Bruchsteingewölbes, mit Backsteinen überwölbt sind, während die Oeffnung für den Kellereingang einen Ausschnitt in der Widerlagsmauer und dem Gewölbeanfang bildet, welcher, wie das Gewölbe, mit Bruchsteinen überwölbt ist, so daß der Mauerbogen des Kellereingangs gleichzeitig mit dem Hauptgewölbe gemauert wird und, als gerade Kappe mit dem Hauptgewölbe verbunden, einen Bestandtheil desselben ausmacht. Bei dem Mauern der geraden Kappe aus Bruchsteinen ist darauf zu sehen, daß keine Stoßfugen in die Gräte, welche die Kappe an dem Gewölbe bildet, treffen, vielmehr die Gratsteine so angeordnet und zugerichtet werden, daß sie, mit Berücksichtigung eines guten Verbandes, sowol in das Gewölbe als in die Kappe übergreifen. Die Ausschnitte für die mit Backsteinen zu überwölbenden Oeffnungen werden oberhalb durch Mauerbögen aus Bruchsteinen abgeschlossen. Diese Bögen, welche Kranzbögen oder Kränze, auch Gurten genannt werden, bilden die Widerlager für den obern Theil des Gewölbes und müssen hiernach eine dem Drucke dieses Gewölbetheiles entsprechende Stärke erhalten. Am zweckmäßigsten werden diese Gurten als Halbkreisbögen gewölbt. Da das Mauerwerk derselben auf der Einschalung des Hauptgewölbes ruht, so bedarf es zu dessen Ausführung keiner weitern Einrüstung als der, daß die Form des Bogens durch einen Lehrbogen

aus Bretstücken, welche auf die Einschalung des Hauptgewölbes, wie solches bei a in Fig. 165 zu ersehen, genagelt werden, an der Gratlinie der Kappe angegeben wird. Von dem Lehrbogen aus wird die der Kappe zugewendete Oberfläche des Kranzbogens nach oben fächerartig erweitert.

Diese Erweiterung sichert hinlänglich den festen Anschluß der gegen den Kranzbogen stumpf angesetzten Kappe. Der auf die Einschalung des Hauptgewölbes genagelte Lehrbogen wird zugleich zur Einschalung der Kappe benutzt. In der Regel sind die Kellerfenster horizontal überdeckt, und es muß sodann die Kappe beim Anschluß an den Sturz derselben einen flachen Stichbogen bilden, dessen Widerlager höher gelegen sind als die Widerlager des Kranzbogens. Hieraus ergiebt sich eine ansteigende oder Stichkappe von ungleicher Scheitelhöhe. Bei der Einschalung dieser Kappen mit unregelmäßiger Mantelfläche werden im Scheitel die beiden Stirnbögen durch eine aufgenagelte Latte unter sich verbunden, und von dieser Latte aus die übrigen Schallatten schräg gegen die Widerlager gelegt, wie dies in Fig. 165 bei α ersichtlich ist, wo wir die Einschalung zur Hälfte dargestellt haben. Das Mauern dieser Stichkappen wird von der tiefsten Stelle der Widerlager aus begonnen und mit ansteigenden Schichten im sogenannten Schwalbenschwanz ausgeführt, wobei die im Scheitel annähernd rechtwinkelig sich schneidenden Schichten abwechselnd überbinden.

Bei der in Fig. 165 bei β dargestellten geschlossenen Stichkappe ist die Richtung der Wölbschichten zu ersehen, welche durchgehend in halber Steinstärke angenommen sind. Bei steiler ansteigenden Kappen tritt die Nothwendigkeit ein, den festern Anschluß derselben an den Kranzbogen des Hauptgewölbes durch eine größere Stärke des Kappengewölbes zu sichern, und es werden aus diesem Grunde an die Kranzbögen anschließende Verstärkungsgurten von ganzer Steinstärke und $1\frac{1}{2}$ bis 2 Steinbreiten angebracht, welche nicht für sich besonders geschlossen, vielmehr in den Verband des im Uebrigen nur $\frac{1}{2}$ Stein starken Kappengewölbes eingreifend gemauert werden.

Wir haben in Fig. 164 und 165 die Einrüstung des Bruchsteingewölbes gegeben, um auf die zweckmäßigste Konstruktion von Rüstbögen aus Bretern aufmerksam zu machen, wie sie der Maurer selbst anfertigen und ohne weiteres Absprießen anwenden kann. Die Bogenrippen bestehen aus drei Lagen auf einander genagelter Bretstücke, deren Stoßfugen auf halbe Länge abwechseln. Die beiden äußeren Lagen der Bögen, welche aus einer ungeraden Anzahl von Bretstücken bestehen, sitzen am Bogenanfang auf einem Querbrete, dessen Länge dem Durchmesser des Bogens gleich ist, und sind in dieses Spannbret nach innen versetzt. Die mittlere Breterlage, deren Bretstücke in der Mitte der äußeren Bretstücke gestoßen werden, sind zunächst des Bogenschlusses in ein senkrechtes Bret versetzt, welches etwas länger ist als der Halbmesser des Bogens, so daß es unterhalb noch etwas vor die Spannbreter der beiden äußeren Breterlagen vorsteht, und die Bretstücke am Bogenanfange gehen bis zur Unterkante der genannten Spannbreter herab.

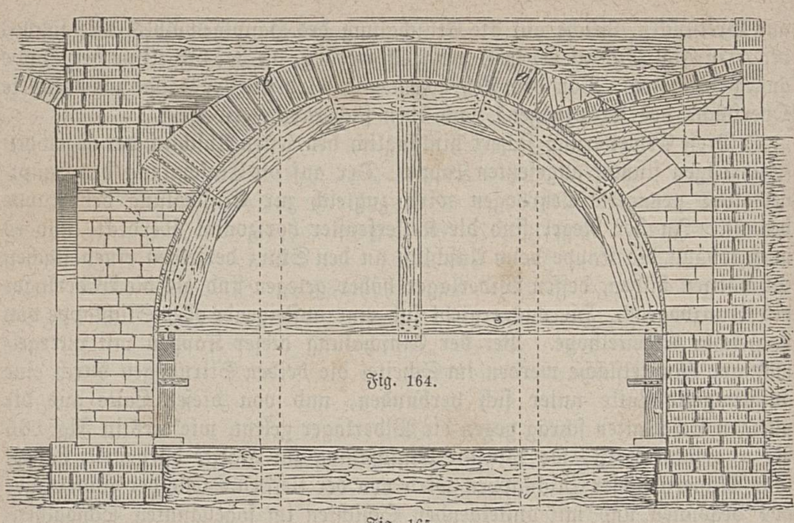
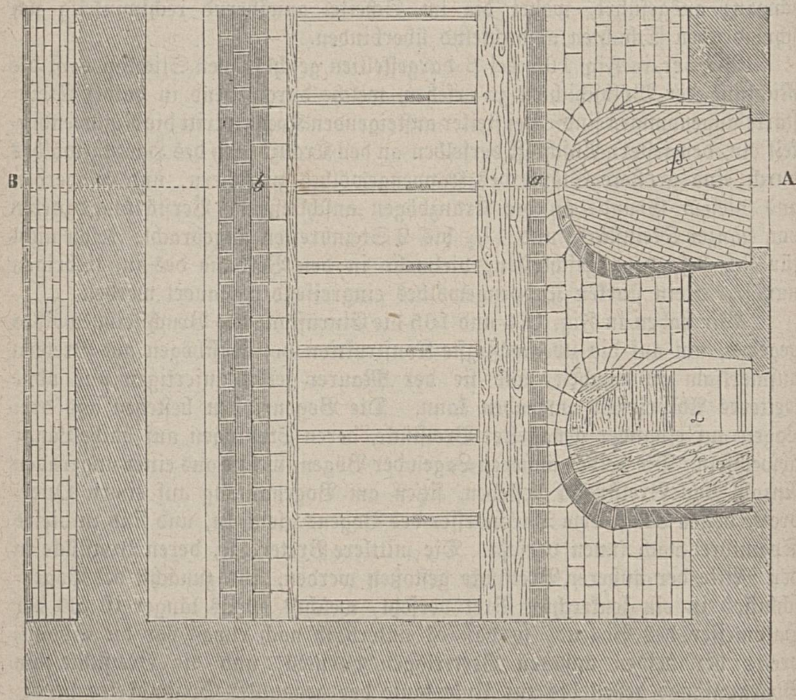


Fig. 164.

Fig. 165.



Werden nun die dreifachen Breterlagen auf einander gelegt und sowol an den äußeren als an den inneren Stoßfugen der Bretstücke, als auch an den Stellen, wo die Spannbreter und oberen Bogenstücke der äußeren Breterlagen das senkrechte Bret und die Bogenanfänge der mittleren Breterlage überdecken, gut vernagelt, so entsteht ein fest zusammenhängender Rüstbogen, welcher leicht transportirt und aufgestellt werden kann. Ein Blick auf Fig. 164 wird wol hinlänglich genügen, um uns zu überzeugen, daß der aus zwei unveränderlichen sphärischen Dreiecken zusammengesetzte Bogen weder durch seitliche Belastung in der Mitte gehoben, noch durch senkrechte Belastung gedrückt oder ausgebaucht werden kann.

Hiernach fällt das bei anderen Rüstbögen, welchen die horizontale Verspannung sowol als auch die Verbindung des Bogenschlusses mit den horizontalen Spannbretern fehlt, durchaus nöthige Absprießen im Schlusse und seitlich oberhalb der Brechungsfugen bei diesen Bögen ganz weg, wie aus Fig. 165 zu ersehen ist, wo wir das Gewölbe nur bis zu *ab*, Fig. 164, gemauert angenommen und die Einrüstung mit nur theilweiser Einschalung dargestellt haben. Außer den besprochenen und in Fig. 164 und 165 dargestellten geraden Kappen aus Bruchsteinen und Stichkappen aus Backsteinen kommen zuweilen als Durchbrechungen von Tonnengewölben ansteigende oder Stichkappen aus Bruchsteinen vor. Das ansteigende Gewölbe, welches als Kappe (Fig. 166, 167 und 168) in das gerade Hauptgewölbe einschneidet, unterscheidet sich in der Ausführung von dem geraden Gewölbe mit horizontalen Widerlagern nur darin, daß die Stoßfugen der Wölbsteine nicht senkrecht, sondern normal gegen die parallel mit den Widerlagern geführten Lagerfugen gerichtet sind.

Die Gratsteine der Stichkappe greifen, je nachdem die Wölbschichten der beiden sich durchdringenden Gewölbe zusammentreffen, entweder aus dem geraden Gewölbe in das ansteigende, oder aus dem ansteigenden Gewölbe in das gerade über und sind wegen der gebrochenen Lagerflächen, welche auf der untern Seite an einer vertieften Kehle und auf der obern Seite an einem erhöhten Grate schneiden, sehr schwierig zu bearbeiten. Wir geben in Fig. 166 die Stichkappe nach der in dem Grundrisse Fig. 168 punktirt angegebenen Linie im Scheitel geschnitten und glauben, daß man aus diesem Durchschnitte und aus der innern Ansicht der Stichkappe in Fig. 167 vom geraden Gewölbe aus die Mauerung der Stichkappe aus Bruchsteinen deutlich ersehen kann.

Tonnengewölbe aus Backsteinen. Werden Tonnengewölbe aus gewöhnlichen Backsteinen mit parallelen Lagerflächen gemauert, so wird dabei dasselbe Verfahren eingehalten, welches wir bei dem Wölben mit festen Bruchsteinen erwähnt haben; es werden nämlich die Backsteine mit der obern Lagerfläche normal auf die Einschalung angenommen, und auf der untern Lagerfläche werden dieselben in der Richtung der nach außen klaffenden Lagerfuge keilförmig mit Steinstücken und Splittern so unterfüttert, daß sie an der Mantelfläche scharf schließen.

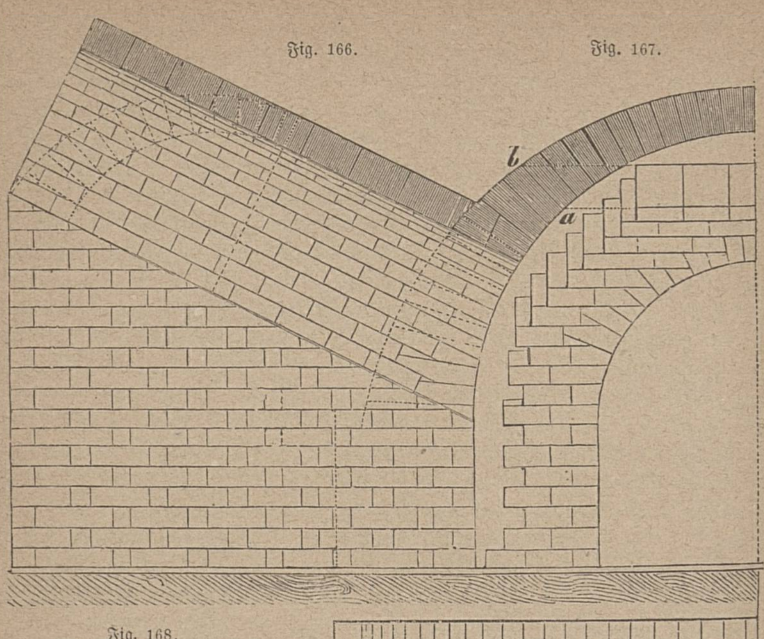
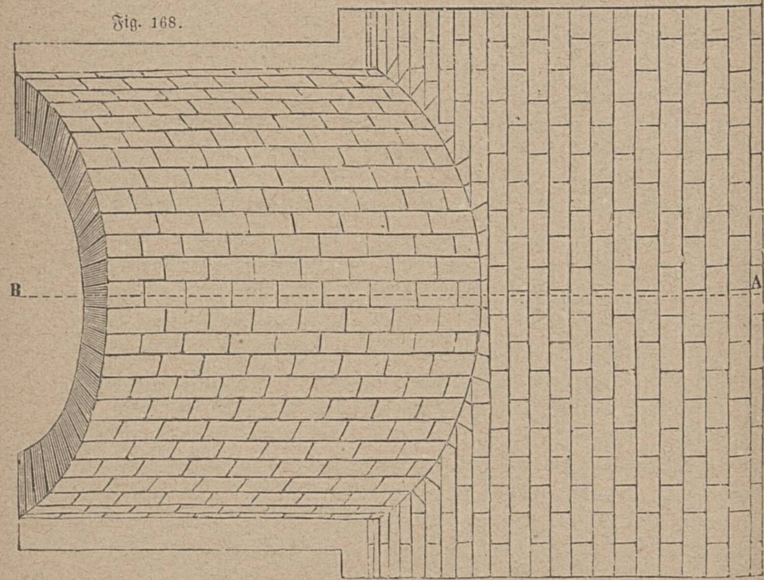


Fig. 166. Fig. 167.

Fig. 168.



Bei Backsteingewölben sehen wir aus Rücksichten der Sparsamkeit viel häufiger nach dem von uns ausgesprochenen Grundsatze verfahren, daß die Festigkeit und Dauer mit dem geringsten Aufwand an Masse zu erreichen gesucht werden müsse. Nicht sehr belastete Kellergewölbe werden deshalb in der Regel nicht durchgehend von gleicher Stärke gewölbt.

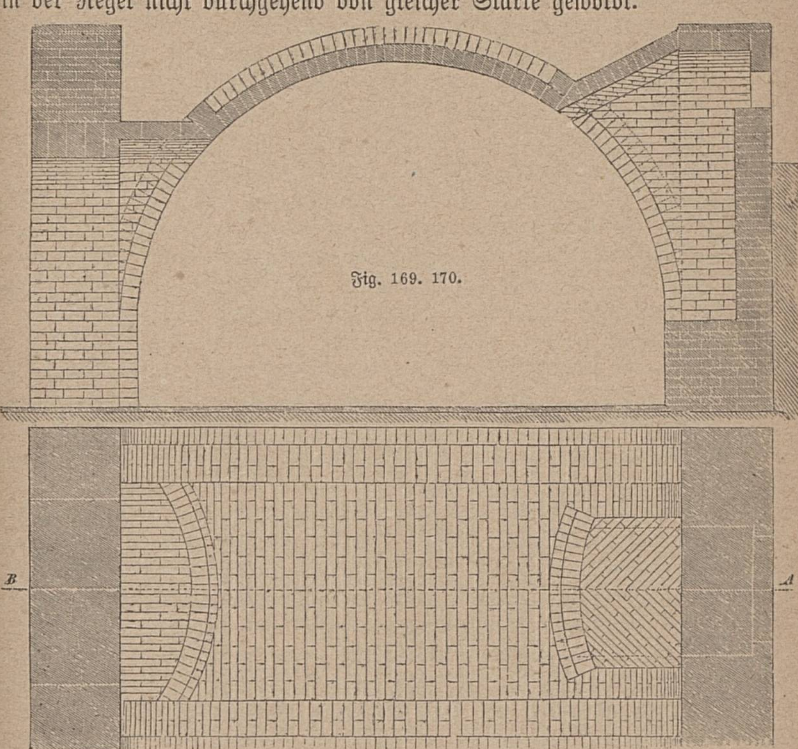


Fig. 169. 170.

Es werden nach Fig. 169 und 170 an dem Gewölbe von der Stärke eines halben Steines, in der durch die Hauptmauerpfeiler bestimmten Entfernung von 1,5 bis 2 m, nach außen vortretende Gurtbogen, welche Verstärkungsgurten genannt werden, angebracht, deren Breite und Stärke sich nach der Spannweite des Gewölbes und nach dessen Belastung richtet.

Zur Aufnahme der zwischen den Verstärkungsgurten vorkommenden Kappen werden flache Kranzbögen von der Breite eines halben und von der Höhe eines ganzen Steines eingewölbt, wie dies aus Fig. 169, welche den Querschnitt eines solchen Gewölbes durch den Scheitel einer nach außen befindlichen Stichkappe und einer innern geraden Kappe darstellt, sowie aus dem Grundrisse Fig. 170 zu ersehen ist.

Die sogenannten Kassettengewölbe, bei welchen die Verstärkungsgurten

gegen die innere Leibung des Gewölbes gerichtet und die nach der Mantelfläche zurückgesetzten vertieften Gewölbefelder zwischen den Verstärkungsgurten durch Quergurten von der Stärke der senkrechten Gurtbogen in quadrate Zellen, Kassetten genannt, abgetheilt sind, verdanken zwar ihre Entstehung wol mehr den Anforderungen der Schönheit und Pracht, welchen die Römer bei der Ausführung ihrer großartigen Gewölbe durch die Nachbildung der früher horizontalen Steindecken zu entsprechen suchten, haben aber auch in ökonomischer wie in konstruktiver Beziehung so wesentliche Vorzüge vor den gleich starken Gewölben, daß sie bis auf unsere Zeit als leichte Gewölbe, welche außer ihrem eigenen Gewichte keine andere Belastung zu tragen haben, im Gebrauche geblieben sind. Bei der Ausführung dieser Gewölbe ist eine sorgfältige Einschalung der Unterrüstung erforderlich, auf welcher die Eintheilung der Gewölbefelder genau aufgetragen werden kann. Für das Ueberwölben der vertieften Kassetten werden auf die Einschalung entsprechende Gerippe befestigt.

Als Beispiel eines Kassettengewölbes, bei welchem die Wölbschichten sowol der senkrechten Gurten als auch der Quergurten normal auf die Einschalung durchgeführt sind, geben wir in Fig. 171 und 172 die senkrechten Querschnitte, und in Fig. 173 den Längendurchschnitt eines Kassettengewölbes von $1\frac{1}{2}$ Steinstärke. Aus den in richtigen Maßverhältnissen gezeichneten Querdurchschnitten, Fig. 171 durch die Mitte der Kassetten, und Fig. 172 durch die Mitte der senkrechten Hauptgurtbögen nach den im Längendurchschnitte punktirt angegebenen Linien GH und EF, ist zu ersehen, daß die Stärke der Widerlager eine sehr geringe ist und kaum den achten Theil der Spannweite des Gewölbes beträgt. Erscheint diese geringe Stärke der Widerlager kaum ausreichend, dem Horizontalschube des Gewölbes zu widerstehen, wenn es außer seinem eigenen Gewichte keine andere Belastung zu tragen hat, so wird unsere Mittheilung, daß dieses Gewölbe außer seinem eigenen Gewichte noch die ganze Bedachung trägt, welche aus $7\frac{1}{2}$ cm dicken Sandsteinplatten besteht und sich trotz dieser ungewöhnlichen Belastung nach fünfzigjährigem Bestehen des nach Moller's Entwurfe ausgeführten Gebäudes unverändert erhalten hat, nicht wenige unserer Leser in Erstaunen setzen. Betrachten wir die Querdurchschnitte Fig. 171 und 172 näher, so werden wir finden, daß der untere Theil des Gewölbes, von der Sohle an bis zur Brechungsfuge, aus den horizontal vorgemauerten Schichten der aus äußeren Verkleidungsquadern und innerem Backsteinmauerwerk bestehenden Umfangsmauern gebildet ist.

Hierdurch ist die Spannweite des Gewölbetheiles, welcher einen Horizontalschub äußert, um Vieles verringert, die Stärke der Widerlagsmauern dagegen, zu welcher nun auch die ganze Aufmauerung bis zur Brechungsfuge gerechnet werden kann, um so viel vermehrt, daß die Breite derselben, an der Kämpferlinie gemessen, mehr als den vierten Theil der Spannweite des mit normalen Wölbschichten gemauerten Gewölbes beträgt. Müssen wir nun die Widerstandsfähigkeit der Widerlager als genügend anerkennen,

wenn der Mauerkörper derselben als ein fest zusammenhängendes Ganze betrachtet werden kann, welches durch stärkeren Druck an einzelnen Stellen nicht verrückt wird, so werden wir uns durch nähere Betrachtung des Grundrisses Fig. 174 überzeugen, daß der feste Zusammenhang des Mauerwerks nicht weniger als der Widerstand jeder einzelnen Mauerschicht gegen die Wirkung des Horizontalschubes bei dem Mauerverbande berücksichtigt ist.

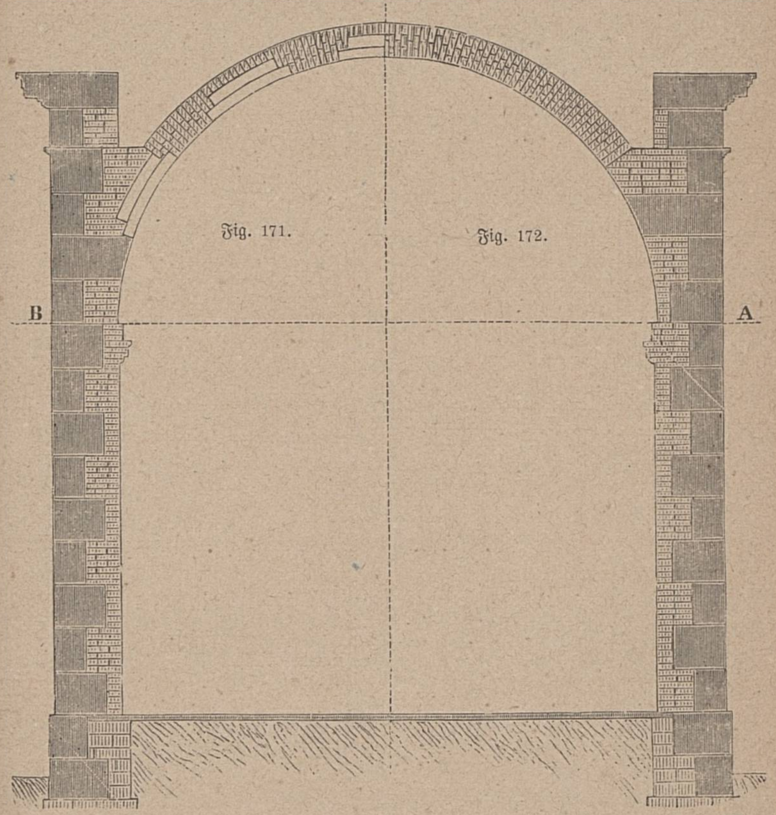
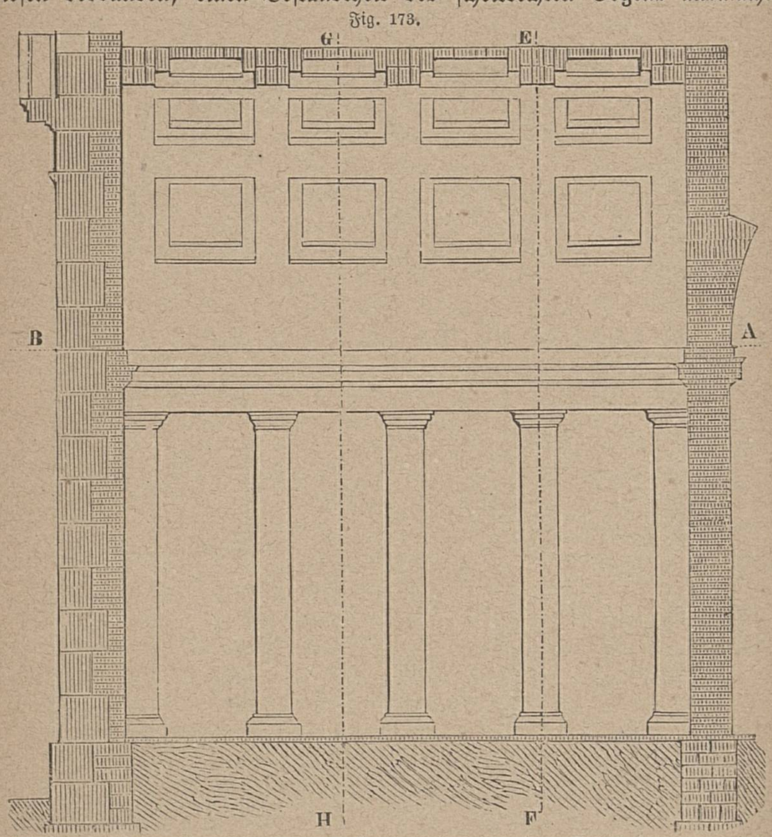


Fig. 171. Fig. 172.

Der Grundriß Fig. 174 giebt den Verband der Mauerschicht über der Sohle des Gewölbes nach der in Fig. 171 und 172 AB bezeichneten Durchschnittslinie an. Die punktirte Linie CD bezeichnet die durch den Scheitel des Gewölbes angenommene Durchschnittslinie, so daß die mit dieser Linie parallelen Umfangsmauern die Widerlager des Gewölbes bilden. Bei diesen Umfangsmauern sind nun die Stoßfugen der äußern Quaderverkleidung nach außen centrisch geschnitten, so daß jede Schicht für sich einen scheitrechten Bogen bildet, dessen Mantelfläche nach dem zu überwölbenden Raume gerichtet ist.

Dieser bei jeder Schicht des mit Läufern und Bindern regelmäßig wechselnden Verbandes angebrachte centrische Fugenschnitt sichert nun die Widerlagsmauern ebenso gegen das Ausbauchen, wie gegen die Trennung der Quaderverkleidung von der innern Backsteinmauerung, welche in die Zwischenräume der keilförmigen Binder eingreift und so, mit diesen verbunden, einen Bestandtheil des scheitrechten Bogens ausmacht.

Fig. 173.



Zur Herstellung eines innigen Zusammenhanges der Verkleidungsquadern der Widerlagsmauern unter sich und mit der Quaderverkleidung der Stirn- und Scheidemauern sind über die Stoßfugen Holzdübel eingelassen, die einen doppelten Schwalbenschwanz bilden.

Diese aus $2\frac{1}{2}$ cm dicken Bretstücken von Eichenholz angefertigten Dübel sind in genau ausgearbeitete Vertiefungen trocken eingelegt und mit feinem Sande überdeckt, damit der für die nächstfolgende Schicht aufgetragene Mörtel mit dem Holze nicht in Berührung kommt. In dem horizontalen

Vormauern der Gewölbeanfänge sowie in der Unverschieblichkeit jeder einzelnen Mauerschicht der Widerlager und ihres Zusammenhanges mit den Stirn- und Scheidemauern haben wir die einfachen Mittel kennen gelernt, durch welche Moller dieses auf sehr schwachen Widerlagern ruhende und dabei außergewöhnlich schwer belastete Backsteingewölbe auszuführen im Stande war

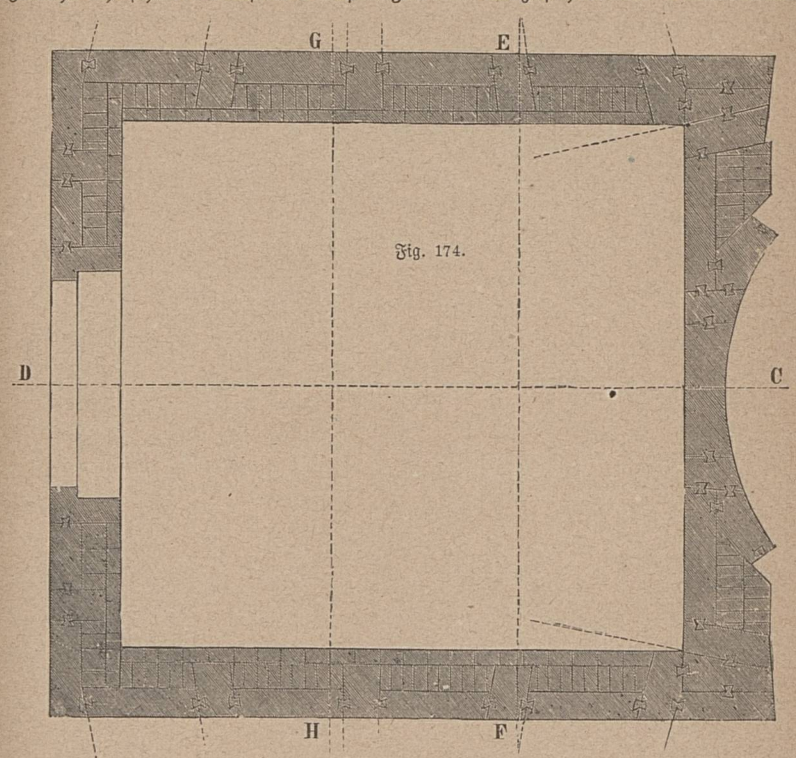


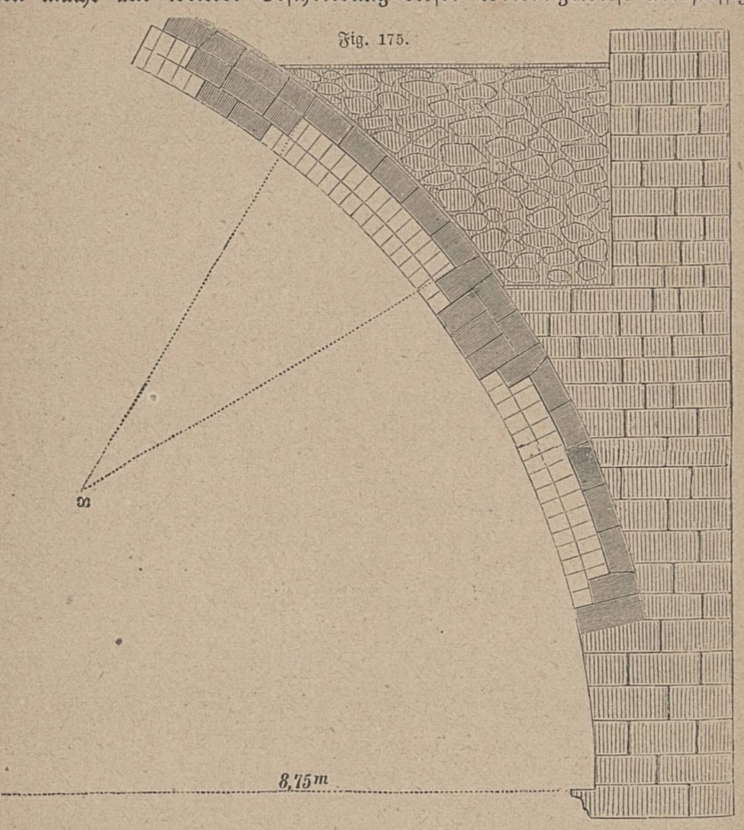
Fig. 174.

Bei dem Ueberwölben des Treppenraumes in dem neuen Kanzleigebäude zu Darmstadt hat Moller ein Kassettengewölbe aus Backsteinen aufgeführt, welches von der üblichen Wölbung dadurch wesentlich abweicht, daß nur die senkrechten Hauptgurtbögen mit normal auf die Einschalung gerichteten Lagerfugen gemauert sind, während die Quergurten sammt der Decke der Kassetten mit senkrecht gegen die Widerlager gerichteten Schichten gemauert und zwischen die Hauptgurtbögen nach dem Fugenschnitte scheitrechter Bögen eingespannt sind.

Wir geben in Fig. 175 einen Theil dieses Gewölbes im Querdurchschnitte und in Fig. 176 im Längendurchschnitte. Der Querdurchschnitt Fig. 175 ist nach der in Fig. 176 punktirt eingezeichneten Durchschnittslinie *CD* durch die Mitte der Kassetten angenommen, so daß daraus der Verband

der durchschnittenen Quergurten und der gegen diese als Flachbögen eingespannten Kassettendecken ersehen werden kann. Der in dem Längendurchschnitte Fig. 176 eingezeichnete Fugenschnitt eines Hauptgurtbogens mit den zwischen zwei Hauptgurtbögen eingespannten Quergurten und Kassettendecken macht alle weitere Beschreibung dieser Wölbungsweise überflüssig.

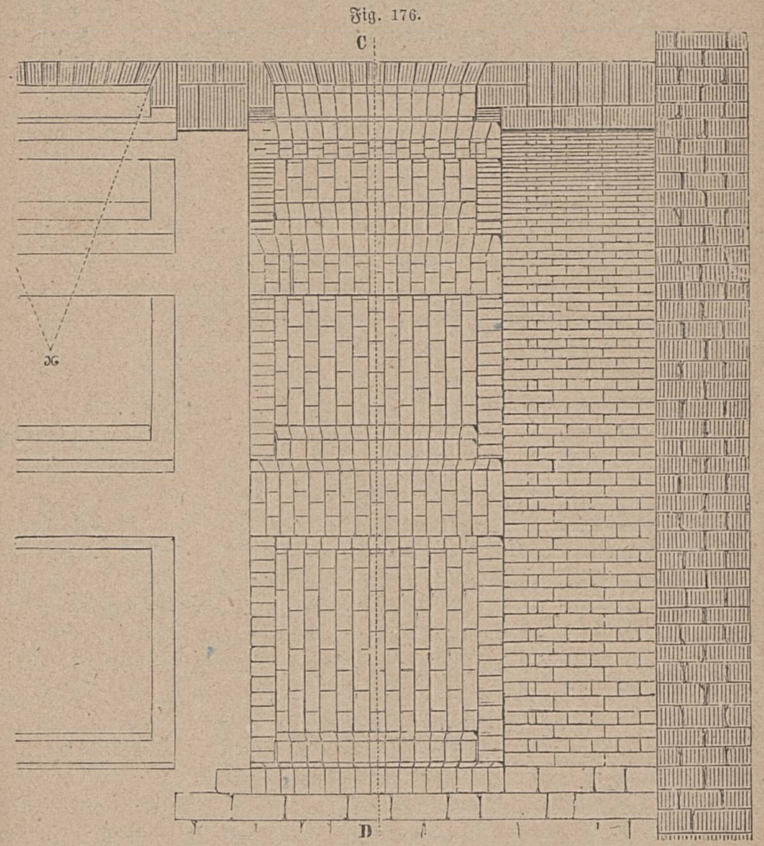
Fig. 175.



Die nur 75 cm starken Widerlagsmauern des $1\frac{1}{2}$ Stein starken Gewölbes von 8,75 m Spannweite bestehen aus Bruchsteinen und sind von der Gewölbesohle bis zum Beginne der Kassetten horizontal vorgemauert. Gleichzeitig mit den Gewölbeanfängen wurde die Hintermauerung derselben bis über die ersten Gurten mit horizontalen, an das Gewölbe scharf anschließenden Schichten, und auf dieser Hintermauerung sind die bis über die Scheitelhöhe des Gewölbes in der Stärke von $62\frac{1}{2}$ cm erhöhten Umfangsmauern aufgeführt, welche die Widerlagsmauern belasten und dadurch dem Horizontalschube des Gewölbes entgegenwirken. Nach der Vollendung des Gewölbes wurden die

Gewölbewinkel bis auf $^3/_4$ der Höhe des Gewölbes mit ausgegossenem Mauerwerk aus Bruchsteinabfällen hintermauert, und es wurde zuletzt die Mantelfläche sammt Hintermauerung mit einem Gußmörtel überzogen. Indem wir zur nähern Erläuterung dieser Gewölbemauerung in Fig. 177 die perspektivische Ansicht eines Gewölbetheiles geben, fügen wir noch in Fig. 178 die perspektivische Ansicht von der angewendeten Einrüstung für die Kassettenüberwölbung bei.

Fig. 176.



Bei dem Baue der von Moller entworfenen Kirche zu Bensheim an der Bergstraße bot sich dem als Schüler Moller's mit der Ausführung dieser Kirche beauftragten Verfasser Gelegenheit dar, ein dem vorbeschriebenen Kassettengewölbe ähnliches Backsteingewölbe auszuführen, dessen Mittheilung er als einen nicht unwesentlichen Beitrag zur Entwicklung der Gewölbetechnik betrachten zu dürfen glaubt.

Diese von Moller im Rundbogenstile in der Art der älteren Basiliken

entworfene Kirche sollte wegen Mangels an Geldmitteln durchaus mit Bohlengewölben, in der von Moller verbesserten Delormischen Konstruktionsweise, überdeckt werden. Während der Ausführung des Baues, nachdem die Arbeiten schon so weit vorgerückt waren, daß das Dach und die Bohlenwölbung von dem Zimmermanne begonnen werden sollten, wurde dem dringenden Ansuchen des Verfassers, das Chor der Kirche mit Backsteinen überwölben zu dürfen, Folge gegeben. Die von dem Verfasser angefertigten Modelle von der beabsichtigten Einrüstung und Mauerung haben wesentlich dazu beigetragen, die Anfangs von Moller erhobenen Bedenken gegen die Ausführbahrkeit dieses Backsteingewölbes von 11,125 m Spannweite auf den für das Bohlengewölbe bestimmt gewesenen Widerlagsmauern, welche bei 11,25 m Höhe nur $87\frac{1}{2}$ cm Stärke haben, zu beseitigen. Der damalige Baubeamte des Bezirks, unter dessen Leitung der Bau dieser Kirche zur Ausführung kam, Herr Opfermann, übernahm bereitwillig die Verantwortlichkeit für das Gelingen der von Moller als sehr kühn bezeichneten Ueberwölbung. Da das Backsteingewölbe des Chorbogens, wegen seines Zusammenhanges mit dem Bohlengewölbe des Mittelschiffes, an der inneren Leibungsfläche keine vertieften Kassetten erhalten durfte, die Erreichung der größtmöglichen Leichtigkeit des Gewölbes aber im Auge behalten werden mußte, so wurden die Kassetten nach außen, auf der Mantelseite desselben, angebracht. Die Gewölbeanfänge des bis zur Brechungsfuge in der Stärke von zwei Steinen gemauerten Gewölbes bestehen, mit der etwa bis zum dritten Theil der Scheitelhöhe aufgeführten Hintermauerung verbunden, aus horizontal bis zur Einschalung vorgemauerten Schichten. Von der horizontalen Vormauerung bis zur Brechungsfuge ist das Gewölbe ohne Kassetten in gleicher Stärke von zwei Steinen mit centrischen Lagerfugen gemauert. Von der Brechungsfuge aufwärts besteht der Gewölbekörper aus vier Hauptgurtbögen, von denen die Stirnbögen nahezu die doppelte Breite der Zwischenbögen haben. Die zwei unteren Drittheile der Gurtbögen haben die Stärke von $1\frac{1}{2}$ Stein, während die Stärke des letzten Drittheils nur einen Stein beträgt. Die zur Verspannung der senkrechten Hauptgurtbögen als scheitrechte Bögen eingespannten Quergurten haben sowol im Scheitel als an den Seiten des Gewölbes eine gleiche Stärke von nur einem Steine, und der unmittelbar auf der Einschalung des Gewölbes gemauerte Boden der zwischen den Querbögen befindlichen Kassetten hat nur die Stärke eines halben Steines. Um nun die horizontal eingespannten Quergurten mit den senkrechten Hauptgurtbögen und den Böden der Kassetten in möglichst innigen Zusammenhang zu bringen, wurden die senkrecht auf die Widerlager gerichteten Schichten der Quergurten, in Verbindung mit der Kassettendecke, gleichzeitig mit den parallel zu den Widerlagern geführten, normal auf die Einschalung gerichteten Schichten der senkrechten Gurtbögen und letztere nunmehr ebenfalls in Verbindung mit der Kassettendecke so gemauert, daß die in die Kassettendecke eingreifenden Schichten sich nach der Diagonale der quadraten Kassettendecke schneiden.

Fig. 177.

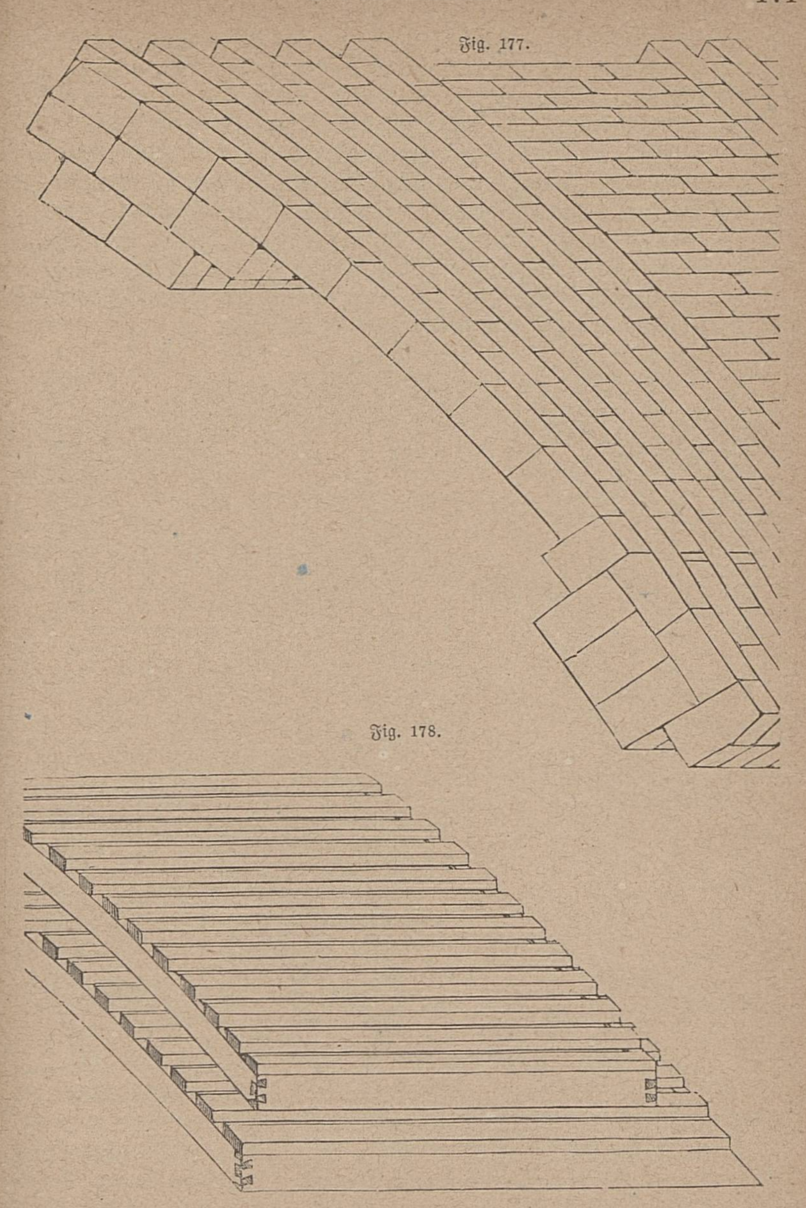
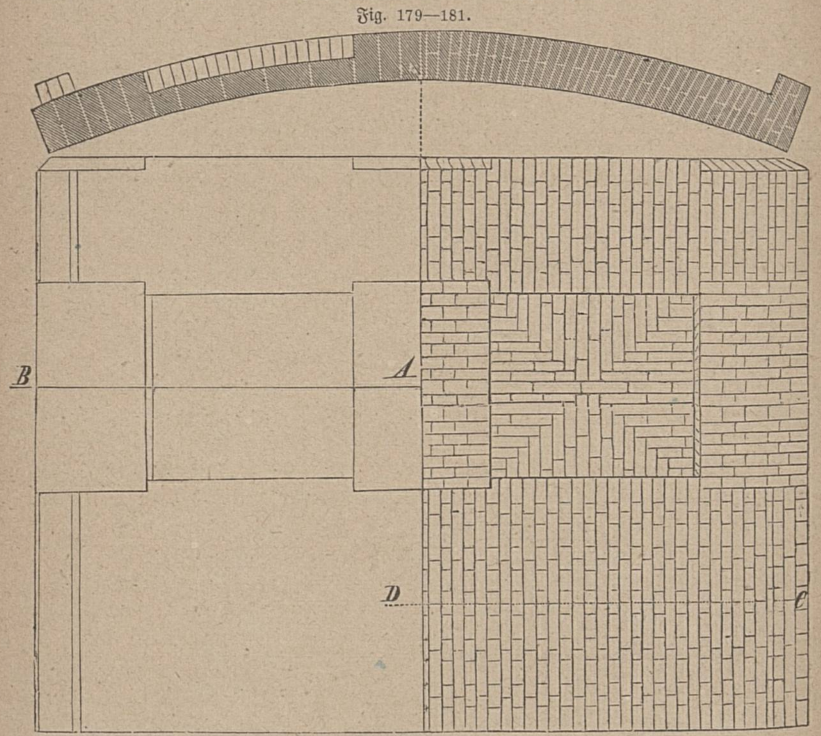


Fig. 178.

Hiernach ist die Wölbung der Kassettendecke als ein scheitrechtes Kreuzgewölbe zu betrachten, bei welchem die von den senkrechten Hauptgurtbögen in die Kassettendecke eingreifenden Schichten den in die Kassettendecke eingreifenden Schichten der Quergurtbögen als Widerlager dienen.

Wir geben in Fig. 179 den Querdurchschnitt rechts durch einen senkrechten Hauptgurtbogen und links durch die Mitte eines Quergurtbogens und der Kassettendecke von dem obern Theile dieses Gewölbes, sowie in Fig. 180 den Grundriß von diesem Gewölbetheil zur Hälfte, ohne Angabe des Fugenschnittes, und in Fig. 181 den Grundriß desselben Gewölbetheiles zur andern Hälfte, mit der Angabe des Fugenschnittes der soeben beschriebenen Gewölbemauerung, welche sich vollkommen bewährt hat.

Fig. 179—181.



War durch die Kassettirung des Backsteingewölbes auf der Rückseite eine Leichtigkeit und durch die in einander greifende Wölbung eine so innige Verbindung des Gewölbekörpers erreicht, wie es, dem Materiale entsprechend, nach unserem Erachten zu erreichen möglich war, so mußten nun die hohen und schwachen Widerlagsmauern gegen die Wirkung des Horizontalschubes gesichert werden. Zur Erläuterung der zu diesem Zwecke getroffenen

Vorkehrungen geben wir in Fig. 182 den Querdurchschnitt der Kirche durch die Mitte des Chors, und in Fig. 183 den Grundriß der Choranlage, auf welche das zur Ueberdeckung des mittlern Raumes vor der Chornische ausgeführte Gewölbe von 11,125 m Spannweite Bezug hat. Die ebenfalls aus Backsteinen gewölbte Halbkuppel der Chornische ruht auf so starken Widerlagsmauern, daß sie ohne Kassettirung gemauert werden konnte, bietet sonach kein weiteres Interesse dar.

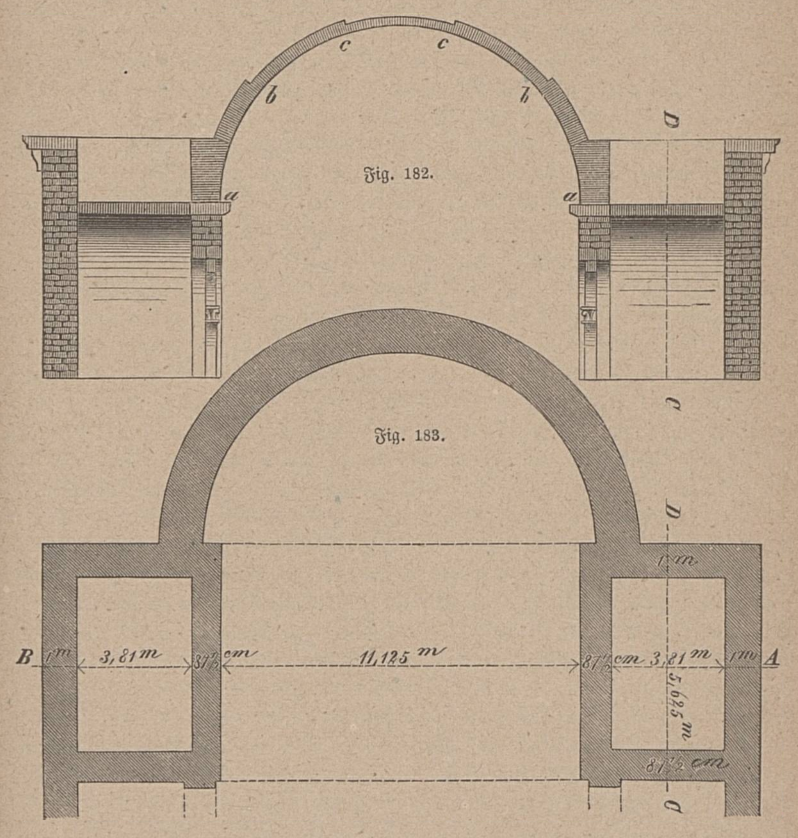


Fig. 182.

Fig. 183.

Wir haben bereits erwähnt, daß in den horizontal vorgemauerten Gewölbeanfängen sowie in den darauf folgenden, mit centrischen Lagerfugen gemauerten Gewölbetheilen bis zu den Brechungsfugen keine Kassetten auf der Mantelseite des Gewölbes angebracht sind. Es wurden diese auf dem Querdurchschnitt Fig. 182 mit *ab* bezeichneten unteren Gewölbetheile massiv gemauert, weil angenommen werden konnte, daß diese mit der Hintermauerung

zu einem Ganzen verbundenen Theile für sich keinen Horizontalschub äußern, vielmehr die Widerlagsmauern nur senkrecht belasten. Auf die Gleichung der Hintermauerung wurde außerdem das durch die Wölbung unterbrochene Dachgebälke aufgelegt, und die Hauptunterstützung des Dachwerkes, von den Mauerbänken der Hintermauerung ausgehend, so angebracht, daß die Last des Dachwerkes sammt der Schieferbedeckung senkrecht auf die erhöhten Widerlagsmauern wirkt. Da nun aber die senkrechte Belastung der Widerlagsmauern durch das Dachwerk erst nach der Vollendung des Gewölbes angebracht werden konnte, so mußten gegen das zu befürchtende Ausbiegen der Widerlager während der Ausführung des Gewölbes die geeigneten Maßregeln ergriffen werden. Es leuchtet ein, daß eine Verspannung der $87\frac{1}{2}$ cm starken Widerlager mit den 1 m starken Umfangsmauern der auf beiden Seiten des Chorbogens gelegenen Räume als das einfachste Mittel, die ersteren gegen das Ausbiegen zu sichern, ergriffen wurde. Diese Verspannung wurde durch eine Ueberwölbung der seitlichen Räume in der Art bewirkt, daß die Widerlager des Chorbogens und die äußeren Umfangsmauern der Seitenräume die Stirnmauern der eingespannten Tonnengewölbe bilden. Da nun diese eingespannten Gewölbe die Bestimmung hatten, den Horizontalschub des Chorgewölbes von den schwächeren Widerlagsmauern desselben auf die stärkeren Umfangsmauern überzutragen, so mußten diese Gewölbe selbst diesem Horizontalschube zu widerstehen im Stande sein. Es wurde deshalb bei diesen Gewölben die übliche Wölbungsweise, welche wegen der in der Richtung des Horizontalschubes durchgehenden Lagerfugen keine Sicherheit gewähren konnte, aufgegeben und dagegen eine Gewölbemauerung angewendet, welche der an dieselbe gestellten Anforderung des größtmöglichen Widerstandes gegen das Zerdrücken der einzelnen Wölbsteine vollkommen Genüge zu leisten versprach. Diese durch die Ausführung bewährte Wölbungsart besteht darin, daß die besonders geformten Wölbsteine mit ihren unter sich parallelen Lagerflächen in senkrecht gegen die Widerlager gerichteten Schichten an einander gemauert wurden, und von Schicht zu Schicht an den normal auf die Bogenleibung gerichteten Stoßfugen überbinden. Da bei dieser Aneinandermauerung der Schichten eine jede Schicht einen für sich abgeschlossenen Gewölbering bildet, welcher, vermöge der Anhaftungskraft des Mörtels, mit dem vorher abgeschlossenen Gewölbering, oder bei dem ersten Ringe, mit der Stirnmauer zu einem Mauerkörper verbunden ist, so bedurfte es zur Ausführung keiner besondern Einrüstung, und es genügte dazu, der Einhaltung der richtigen Wölblinie wegen, ein beweglicher Lehrbogen. Aus dem in Fig. 184 dargestellten Längendurchschnitte nach der in Fig. 183 angegebenen Durchschnittslinie *AB* und aus dem Querdurchschnitte Fig. 185 nach der in Fig. 182 und 183 angegebenen Durchschnittslinie *CD* wird die beschriebene Wölbungsart mit senkrecht auf die Widerlager geführten und an einander gemauerten Schichten zur Genüge ersichtlich sein. Die in Fig. 185 angegebene Hintermauerung

der Gewölbe bis über die Brechungsfuge hinauf besteht ebenfalls aus senkrechten Schichten, welche mit denen der Gewölbe gleichzeitig gemauert und verbunden sind. Konnte angenommen werden, daß diese Seitengewölbe dem Horizontalschube des großen Chorbogengewölbes vor der möglichen Belastung der Widerlagsmauern, durch das darauf erst später zu errichtende Dachwerk, ausreichenden Widerstand zu leisten geeignet waren, ohne durch diesen Horizontalschub destruirt zu werden, so mußte immerhin noch auf die größtmögliche Leichtigkeit des den Horizontalschub bewirkenden Theiles von dem Hauptgewölbe hingewirkt werden, damit die durch die Ueberwölbung des Chores beabsichtigte Sicherheit für die wichtigsten Bestandtheile der Kirche, des Altars und der Sakristeien nicht von dem vergänglichen Holzdachwerke abhängig gemacht werde.

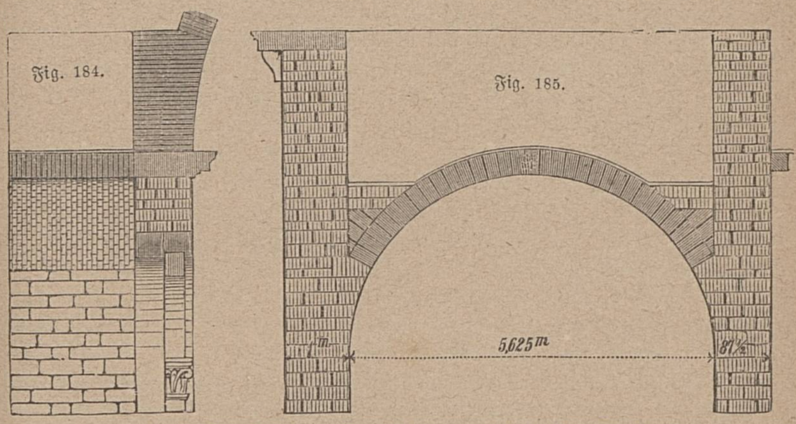


Fig. 184. Fig. 185.

Es wurde diese Leichtigkeit des Gewölbes durch die bereits beschriebene und in den Fig. 179, 180 und 181 durch Zeichnungen erläuterte Kassettirung des Gewölbes auf der Mantelseite so vollständig erreicht, daß die Einrüstung desselben schon vor dem Aufschlagen des Dachwerkes entfernt werden konnte, ohne daß das Gewölbe sich mehr gesenkt hätte, als von vornherein angenommen und bei der Einrüstung vorgesehen war.

An dem Gußmörtelüberzuge des Hauptgewölbes sowol als auch der beiden Seitengewölbe sind bis heute nicht die geringsten Spuren späterer Senkungen zu bemerken. —

Indem wir unsere Betrachtung über die aus Backsteinen gemauerten Tonnengewölbe hiermit schließen, gedenken wir noch eines Tonnengewölbes mit Kreuzkappen, bei welchem durch die Anwendung leichten Steinmaterials und durch sinnreiche Konstruktion den Wirkungen des Horizontalschubes auf sehr schwache Widerlager mit dem besten Erfolge begegnet wurde. Es ist das aus zugerichteten Tuffsteinen gemauerte Gewölbe der Peterskirche zu Mainz. Herr Hofbaurath Görz in Wiesbaden hat die Struktur dieser Wölbung genau untersucht und durch die Mittheilung der Resultate seiner

Untersuchung in der Wiener Bauzeitung vom Jahre 1846 und in einem besondern Werkchen, welches bei Gelegenheit der im Jahre 1847 in Mainz stattgefundenen Versammlung deutscher Architekten bei Kunze in Mainz erschienen ist, den Dank aller Fachgenossen in hohem Grade verdient. Indem wir auf die in diesem Werkchen ausführlicher behandelte konstruktive Erläuterung der Peterskirche zu Mainz aufmerksam machen, beschränken wir uns darauf, das auf die ungewöhnliche Wölbung der Kirche Bezügliche daraus zu entnehmen. Die Breite des Mittelschiffes beträgt im Lichten zwischen den freistehenden Pfeilern 11,40 m bei einer Höhe von 20,40 m vom Boden bis in den Scheitel des Gewölbes. Die beiden Nebenschiffe sind jedes 4,375 m im Lichten weit und 17,75 m im Lichten hoch. Nach der Länge des Schiffes beträgt die Entfernung der 1,175 m im Quadrat starken Pfeiler 6,25 m. Die Höhe der vier Pfeiler bis auf den Kämpfer beträgt 12,90 m. Diese Pfeiler bestehen aus Sandsteinquadern. Die aus Kalkbruchsteinen bestehenden Außenmauern haben mit dem Verputze eine Stärke von nur 1,05 m bei einer Höhe von 18,00 m ohne den 1,20 m über dem Straßenpflaster hohen Sockel. Den Stützpfeilern korrespondirend sind an den Umfangsmauern im Innern einfache und im Aeußern doppelte Pilaster angebracht. Die inneren Pilaster springen $17\frac{1}{2}$ cm und die äußeren $12\frac{1}{2}$ cm vor die Mauern. Diese aus Sandsteinquadern aufgeführten Pilaster vermehren die Widerstandsfähigkeit der Stützpunkte der Gewölbe.

Die im Verhältniß der Spannweite der Gewölbe sehr schlanken Stützpfeiler und Widerlagsmauern haben sich ohne Spuren von Rissen bis heute vollkommen im Senkel erhalten. Die Dauerhaftigkeit dieser kühnen Konstruktion ist nicht allein in der sorgfältigen Ausführung und der Festigkeit des Baumaterials, vielmehr hauptsächlich in der richtigen Ableitung des Horizontalschubes und dessen Verwandlung in eine nur senkrecht wirkende Belastung begründet. Dies bei den Stützpfeilern zu bewirken, wurden die Längengurtbögen derselben mit einer $77\frac{1}{2}$ cm dicken, von den Gewölbeanfängen gerechnet, 8,70 m hohen massiven Mauer aus Kalkbruchsteinen, sowie durch das auf dieser Mauer hauptsächlich ruhende schwere Dachwerk belastet und dadurch dem Horizontalschub der weitgespannten Mittelgewölbe eine aufhebende senkrechte Last entgegengestellt. Zwischen diesen belasteten Gurtbögen und den durch das Dachwerk ebenfalls belasteten Umfangsmauern sind die drei Kirchenschiffe mit elliptisch überhöhten Tonnengewölben, in welche die Seitenstichkappen mit sehr ansteigendem Scheitel einschneiden, überdeckt. Diese Tonnen- und Kappengewölbe aus leichten Tuffsteinen sind im Mittelschiff kaum 20 cm, in den Seitenschiffen kaum $17\frac{1}{2}$ cm dick.

Das Gewölbe, von welchem wir in Fig. 186 einen Grundriß über zwei Stützpfeilern und der Hälfte der von diesen Pfeilern ausgehenden Gewölbe des Mittelschiffes und des einen Seitenschiffes geben, besteht aus einem Netze von verstärkenden Gurten, zwischen welchen der übrige Theil in diagonaler Richtung schwalbenschwanzförmig eingewölbt ist. Die

Hauptgurten *a* im Mittelschiffe, welche die korrespondirenden Pfeiler mit einander verbinden, haben eine Breite von 70 cm, im Scheitel eine Dicke von 36 cm und im Schenkel eine solche von 40 bis 45 cm. Die entsprechenden Gurten *a'* der Nebenschiffe haben dieselbe Breite und im Durchschnitt eine durchgehend gleiche Stärke von 30 cm. Die Wandgurten *b* und *b'* sowie die Kappengurten *c* sind 30 cm breit und 28 bis 30 cm dick.

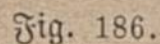


Fig. 186.

Die zwischen diese Gurten eingespannten Gewölbe haben, wie bereits erwähnt, im Mittelschiff kaum 20 cm und in den Seitenschiffen und Kappen kaum $17\frac{1}{2}$ cm Dicke. Die angebrachten Verstärkungsgurten *a a'*, *b b'* und *c* sind an der Leibungsfläche der Gewölbe nicht sichtbar, sondern treten an der obern Mantelfläche der Gewölbe vor. Die aus regelmäßig zugerichteten Tuffsteinen gemauerten und durch einen vorzüglichen Mörtel aufs Innigste

zu einer soliden Steinmasse verbundenen Gewölbe sind mit einem Gußmörtel von etwa 1 cm Dicke überzogen. Aus dem Querdurchschnitte Fig. 187, welcher durch die Mitte der Pfeiler angenommen ist, kann nun noch weiter ersehen werden, daß die Gewölbeanfänge aus horizontal vorgemauerten Schichten der über die Widerlager erhöhten Mauern bestehen, und daß die Gewölbewinkel mit Mauerwerk ausgefüllt sind.

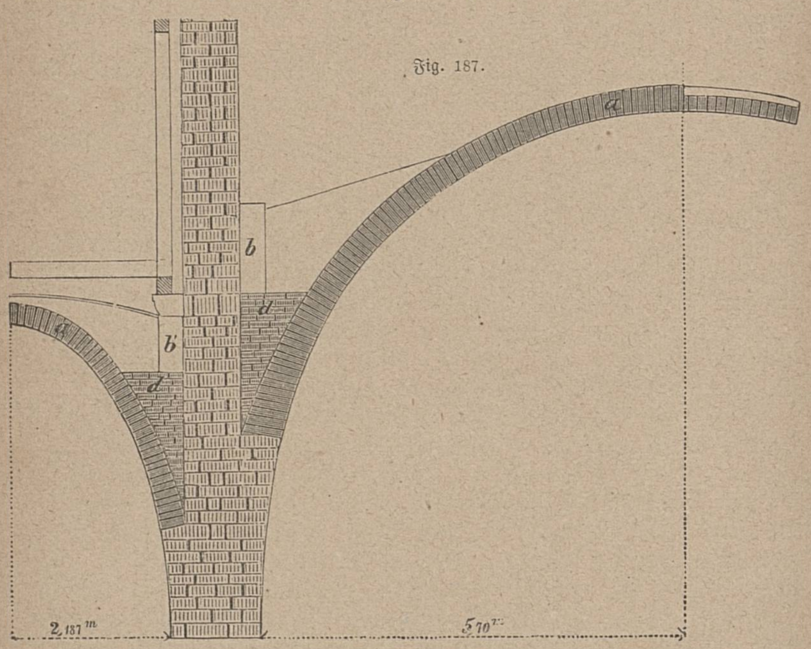


Fig. 187.

Die Ausmauerung *d* der Gewölbewinkel des Mittelschiffes beträgt 4,95 m, *d'* bei den Seitenschiffen 3,90 m über dem Pfeilerkapitäle, und besteht aus Tuffsteinen. Eine vom Dachwerke aus nach den Umfangsmauern angebrachte Verankerung weist darauf hin, daß die Gewölbe erst nach vollendeter Ueberdachung des Gebäudes ausgeführt wurden. Diese Eisenanker zeigen sich gegenwärtig nicht straff angespannt und erscheinen deshalb nicht geradezu streng nothwendig, um den Außenmauern die erforderliche Widerstandsfähigkeit gegen den darauf wirkenden Horizontalschub der Gewölbe zu sichern. Vor dem völligen Erhärten des zur Mauerung der Gewölbe verwendeten Mörtels angewendet, erscheint die Verankerung der hohen Umfangsmauern gerechtfertigt. Diese in der Mitte des vorigen Jahrhunderts ausgeführte kühne Wölbekonstruktion kann als Beweis dienen, daß die Erfahrungen und technischen Fertigkeiten der mittelalterlichen Werkmeister bei der Ausführung von Bauwerken des vorigen Jahrhunderts noch ihre Anwendung fanden,

und daß aus diesem Grunde die dem Aeußern nach oft geschmacklosen und barocken Ausgeburten der Zopfzeit in Bezug auf die Konstruktion derselben gründlich erforscht zu werden verdienen.

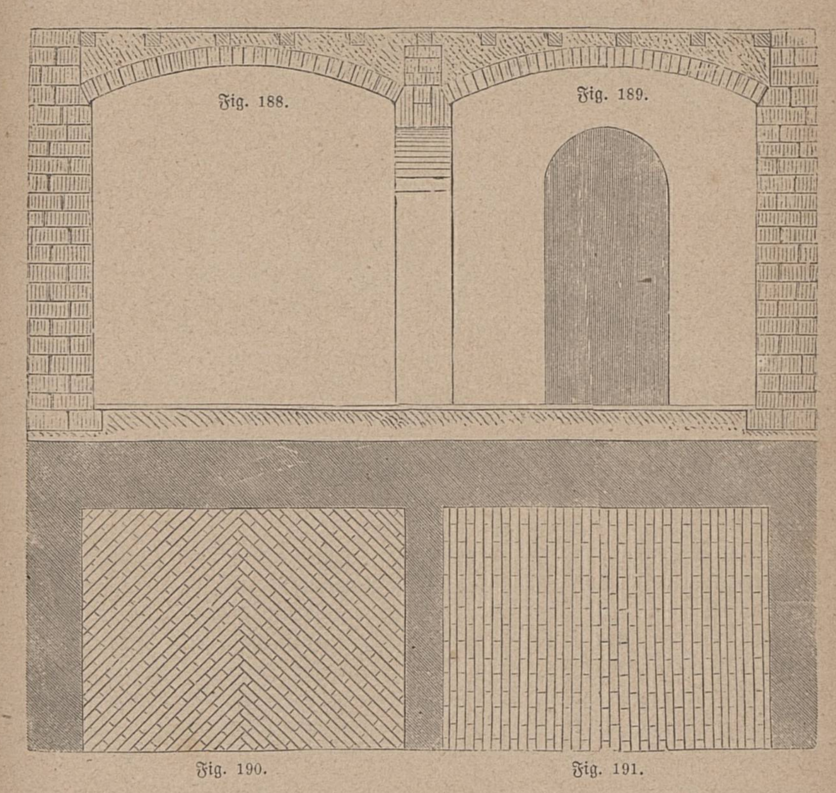


Fig. 188. Fig. 189. Fig. 190. Fig. 191.

Flache Tonnengewölbe aus Backsteinen, welche unter dem Namen von Kappengewölben bekannt sind und meist als leichte Gewölbe von geringer Spannweite zur Ueberwölbung von Räumen Anwendung finden, deren Benutzung möglichst hohe Widerlager von geringer Stärke vorschreibt, sind nur in Bezug auf die in der Mauerung angewendete verschiedene Richtung der Lagerfugen bemerkenswerth.

Wir geben in Fig. 188 bis 191 den Querdurchschnitt und die dazu gehörigen Grundrisse von flachen, $^1/_2$ Stein starken Kappengewölben. Das Gewölbe Fig. 188 und 190 ist von den Ecken aus mit diagonalen Lagerfugen im sogenannten Schwalbenschwanz gemauert, so daß die im Scheitel zusammentreffenden Schichten abwechselnd überbinden.

Der Horizontalschub dieser im Schwalbenschwanz gemauerten flachen

Gewölbe wirkt in normaler Richtung gegen die Lagerflächen und wird so auf die Widerlags- und Stirnmauern vertheilt. Dadurch, daß bei dem in den diagonalen Wölbschichten eingehaltenen Verbande keine durchgehenden Stoß- oder Lagerfugen parallel mit den Widerlagern vorkommen, leistet ein im Schwalbenschwanze gemauertes Gewölbe einen großen Widerstand gegen das durch eine Belastung bewirkt werdende Einsenken.

Das Gewölbe Fig. 189 und 191 ist von den Widerlagern aus in mit den Widerlagern parallelen Schichten gemauert. Der Horizontalschub wirkt hiernach nur auf die Widerlager und ist auf die ganze Länge der Gewölbe ein gleicher. Bei entsprechenden Senkungen wirkt dem Oeffnen der Lagerfugen nichts weiter entgegen, als die Bindekraft des zwischen zwei Schichten befindlichen Mörtels. Vergleichen wir die beiden Wölbarten mit einander, so wird dem Wölben im Schwalbenschwanz in Bezug auf Festigkeit der Vorzug vor dem Wölben mit Schichten, welche parallel mit den Widerlagern gehen, eingeräumt werden müssen. Da nun aber das im Schwalbenschwanz gemauerte Gewölbe einen Horizontalschub auf die Stirnmauern äußert, so kann es weder als offenes Gewölbe ohne Stirnmauern, noch zur Ueberwölbung von mit schwachen Stirnmauern begrenzten Räumen angewendet werden.

Wir geben in in Fig. 192 den Längendurchschnitt im Scheitel des in Fig. 189 und 191 dargestellten Gewölbes, aus welchem zu ersehen ist, wie bei dem Ueberwölben von weiten Räumen Quergurtbögen gesprengt werden, welche den Kappengewölben als Widerlager dienen.

Rondelet beschreibt im zweiten Bande seiner „Kunst zu bauen" flache Backsteingewölbe, welche mit auf die hohe Kante gestellten Backsteinen in Gipsmörtel so ausgeführt wurden, daß man, statt die Backsteine in Schichten parallel mit der Achse oder den Widerlagern zu legen, die Schichten in Bogenringen senkrecht gegen die Widerlager an einander gemauert hat. Es wurden diese Gewölbe von 5,6 m Spannweite auf einer beweglichen Bretereinschalung, welche 1 m breit war und auf untergelegten Schwellen sich fortschieben ließ, gemauert. Diese Art zu wölben kann nun eben so gut bei flachen Gewölben in Kalkmörtel ausgeführt werden, wenn die Einrüstung bis zum Erhärten des Mörtels stehen bleibt.

Die bereits beschriebenen und in Fig. 184 und 185 abgebildeten halbkreisförmigen Tonnengewölbe, welche bei dem Bau der Kirche in Bensheim von dem Verfasser ausgeführt wurden, bestehen aus derartig an einander gemauerten Bogenschichten und haben sich vollkommen bewährt. Es kann wol angenommen werden, daß die mit senkrecht an einander gemauerten Schichten nach Rondelet's Angabe ausgeführten flachen Gewölbe weniger Horizontalschub ausüben, als die im Schwalbenschwanz oder parallel mit den Widerlagern gemauerten, weil der Verband der an einander gemauerten Bogenringe eine weit größere Sicherheit gegen Trennungen in der Richtung der Länge gewährt; immerhin werden aber diese Gewölbe als zwischen die Widerlager eingespannte Keile betrachtet werden müssen, welche schwache

Widerlager verschieben. Auf welche Art nun flache Gewölbe aus Backsteinen gemauert werden können, welche gar keinen Horizontalschub auf ihre Widerlager ausüben, darüber belehrt uns Moller in seinen „Beiträgen zu der Lehre von den Konstruktionen", wo wir im dritten Hefte eine Beschreibung der ersten, vor etwa 50 Jahren von ihm ausgeführten Gewölbe dieser Art finden, welche bei 2,5 m Spannweite und $37\frac{1}{2}$ cm Pfeilhöhe im Schluß $\frac{1}{2}$ Stein stark sind und auf sehr hohen und langen Widerlagsmauern von nur 25 cm Stärke ruhen.

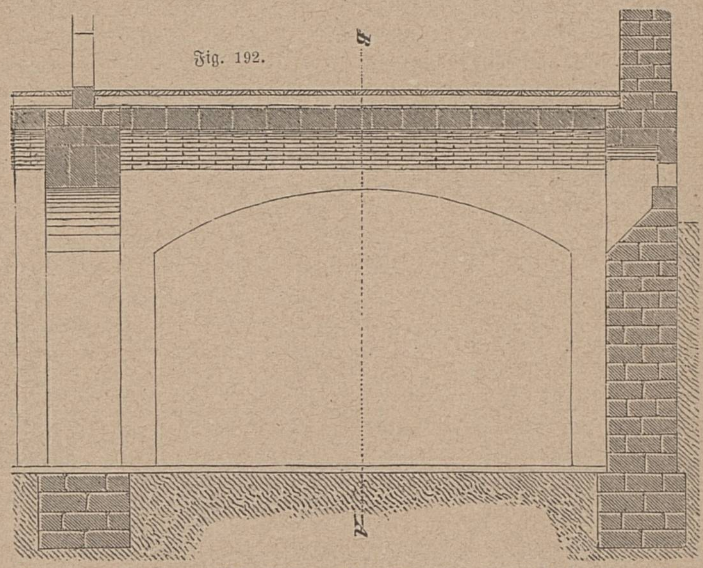


Fig. 192.

Um den Horizontalschub der Gewölbe in einen senkrechten Druck zu verwandeln, hat Moller die in Fig. 193 abgebildete Konstruktion zur feuersichern Ueberdeckung der Nebentreppen im vierten Stock des Kanzleigebäudes zu Darmstadt angewendet. Diese Konstruktion unterscheidet sich wesentlich von der durch Rondelet mitgetheilten, indem die bis zur Scheitelhöhe geführte und mit dem Gewölbescheitel horizontal ausgeglichene Hintermauerung nicht aus gewöhnlichem Mauerwerk mit horizontalen Schichten, sondern ebenfalls aus senkrecht an einander gemauerten Backsteinschichten besteht, welche in den Verband der Wölbschichten eingreifen. Da nun bei diesem Aneinandermauern der Backsteine mit den breiten Lagerflächen die Adhäsionskraft des Mörtels, welcher die centrisch geneigten und horizontal gelagerten Steine unter einander verbindet, größer ist als das Gewicht der Steine, so können die in einer Schicht vorkommenden Steine als unter sich und mit der vorhergehenden Schicht zu einem Ganzen verbunden und somit auch das Gewölbe wie aus einem Steine bestehend betrachtet werden, welcher seine

Stützmauern senkrecht belastet und nur alsdann einen Horizontalschub äußern kann, wenn eine Trennung des Steinkörpers der Länge nach erfolgt ist. Eine Trennung der Länge nach kann nun bei diesem Backsteinkörper nicht entstehen, ohne daß die in der Richtung derselben vorkommenden Backsteine zermalmt werden. Bei der Ausführung dieser Gewölbe wurden auf den Widerlagsmauern Anker eingelegt, deren Schließen sich unterhalb vor die Widerlager und oberhalb vor die Gewölbe anlegten. Nach der Vollendung der Gewölbe zeigte sich nicht die geringste Anspannung dieser Anker, so daß die Schließen ohne Schwierigkeit herausgenommen und die Probeanker entfernt werden konnten. Ist hiernach der Beweis hergestellt, daß die nach Fig. 193 gemauerten flachen Backsteingewölbe keinen Horizontalschub auf die Widerlager ausüben, sonach als auf ihre Unterlage nur senkrecht drückende Steinplatten zu betrachten sind, so können sie ohne Bedenken als feuersichere

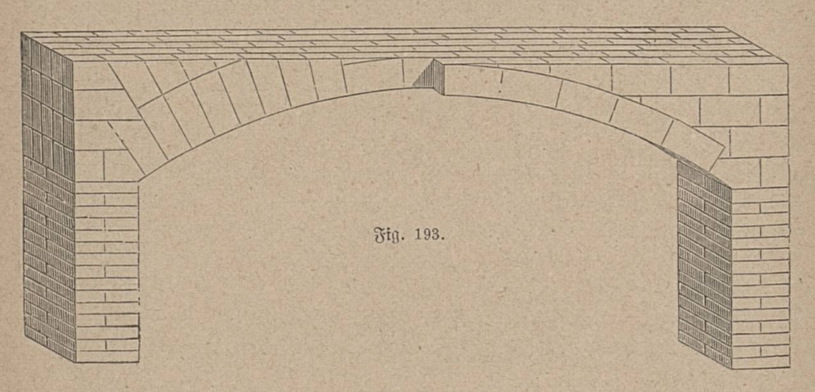


Fig. 193.

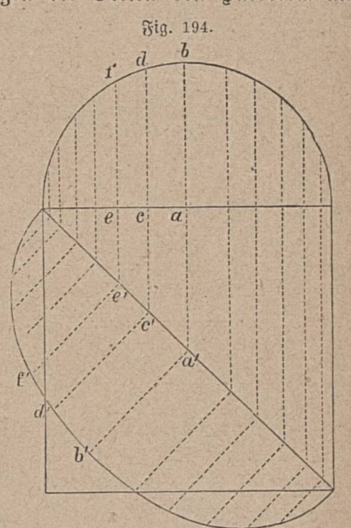
Bedeckung von Gängen in mehrstöckigen Gebäuden angewendet werden, ohne daß zu ihrer Auflage eine Verstärkung der Mauern erforderlich wird, indem die Gewölbe als eingelegte Steinplatten die Stützmauern zugleich gegenseitig verankern. Daß Moller auf so einfache Weise das Problem gelöst hat, aus Backsteinen Gewölbe herzustellen, welche keinen Horizontalschub auf ihre Widerlager äußern, läßt uns in ihm den erfahrenen Meister erkennen, welcher im Geiste der Natur zu schaffen berufen und befähigt war.

Das Klostergewölbe. Denken wir uns ein Tonnengewölbe nach der Diagonale durch zwei senkrechte Ebenen geschnitten, so entstehen vier Gewölbetheile, von denen zwei sich an die Widerlager anschließen und die zwei anderen durch die Stirnmauern begrenzt werden. Die an die Wiederlager sich anschließenden Theile werden Wangen oder Walmen, und die durch die Stirnmauer begrenzten Theile werden Kappen genannt.

Ein Klostergewölbe entsteht, wenn von den Umfangsmauern des zu überwölbenden Raumes als Widerlager eben so viel Gewölbewangenstücke ausgehen, welche in einem Punkte, dem senkrecht über dem Schwerpunkte

der Grundfigur befindlichen Scheitelpunkte des Gewölbes, zusammentreffen. In dem Scheitelpunkte laufen die Gräte des Gewölbes zusammen und bilden im Grundrisse gerade Linien, welche von dem Scheitelpunkte nach den Winkelpunkten der Grundfigur laufen. Da nun die Anzahl der Seiten der Grundfigur groß oder klein sein kann, so kann auch die Kuppel, deren Umfang einen Kreis bildet, zu den Klostergewölben gerechnet werden. Alle Klostergewölbe haben Das mit einander gemein, daß alle Umfangsmauern als Widerlager dem anschließenden Gewölbewangenstück entsprechend stark sein müssen. Dieser Anforderung wegen werden Klostergewölbe selten angewendet. Die Wölbungslinie eines Klostergewölbes wird zuerst in einer Ebene senkrecht auf eine der Widerlagsmauern festgesetzt, aus welcher dann die Wölblinie der Gräte abgeleitet wird. Nehmen wir als Grundfigur ein Quadrat und als Wölblinie senkrecht gegen die Seiten den Halbkreis an, so werden die Gräte dieses regelmäßigen Klostergewölbes halbe Ellipsen bilden, welche nach Fig. 194 durch die Methode der Vergatterung oder mittels einer über den Scheitelpunkt und die beiden Brennpunkte der Ellipse gespannten Schnur leicht zu zeichnen sind. Als Einrüstung müssen in den Gräten des Gewölbes Lehrbögen aufgestellt werden. Reichen bei kleinen Gewölben die Gratbögen aus, um darauf die Einschalung anbringen zu können, so sind bei größeren Gewölben noch andere Lehrbögen, welche senkrecht gegen die Widerlager gerichtet sind, zur Unterstützung der Schalbreter anzubringen. Von den Gratbögen kann nur einer ganz durchgehen, die übrigen von der Mitte der Umfangsmauern ausgehenden Lehrbögen schiften sich an den ganzen Lehrbogen im Scheitel stumpf an und werden durch einen untergesetzten Pfosten, welcher Mönch genannt wird, unterstützt. Bei unregelmäßigen Klostergewölben sind alle Lehrbögen im Scheitel mit dem Mönche durch entsprechende Einsätze verbunden. Sind die Umfangsmauern so lang, daß die in der Mitte angebrachten Lehrbögen zur Unterstützung der Einschalung nicht ausreichen, so müssen noch Zwischenbögen angebracht werden, welche sich an die Gratbögen anschiften. Da diese Schiftbögen Theile der mittleren Hauptbögen bilden, so sind sie sehr leicht herauszutragen. Wir geben in Fig. 195 den Grundriß von der Stellung der Lehrbögen für ein regelmäßiges Klostergewölbe, in welchem wir die Gratbögen mit a, die Hauptbögen in der Mitte mit b und die Schiftbögen mit c bezeichnet haben.

Fig. 194.



Die aus Wangenstücken von Tonnengewölben bestehenden Klostergewölbe werden in demselben Verbande wie die Tonnengewölbe gemauert. Von den Ecken anfangend, werden die einzelnen Schichten parallel mit den entsprechenden Widerlagern und normal auf die Einschalung gemauert und ringförmig abgeschlossen.

Beim Zusammentreffen der Steinschichten in den Gräten werden die Steine so zugehauen, daß die Stoßfugen sich genau an die Lagerfuge der dagegen gerichteten Schicht anschließen. Das abwechselnde Uebergreifen der Schichten in den Gräten ist aus dem Grundrisse Fig. 196 ersichtlich, welcher den Mauerverband eines regelmäßigen Klostergewölbes, von oben gesehen, darstellt. Bei der Ueberwölbung eines länglich rechteckigen Raumes entsteht aus dem Klostergewölbe das Fig. 197 im Grundriß und Fig. 198 im Durchschnitt dargestellte Muldengewölbe, welches in seinem mittlern Theile ein gerades Tonnengewölbe bildet und an beiden Enden durch zwei halbe Klostergewölbe geschlossen ist, die mit dem Tonnengewölbe einerlei Bogenlinie haben.

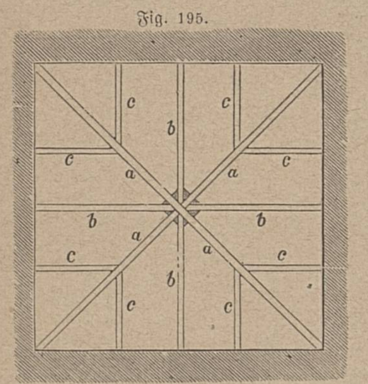
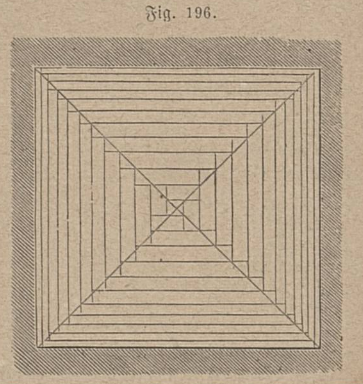


Fig. 195.


Fig. 196.

Gehen von den Widerlagern Gewölbewangen aus, welche nicht in einer Scheitellinie zusammentreffen, vielmehr im Scheitel an eine horizontale Ebene sich anschließen, so entsteht aus dem Klostergewölbe das Fig. 199 im Grundriß und Fig. 200 im Durchschnitt dargestellte Spiegelgewölbe. Der Verband der von den Widerlagern nach einer Bogenlinie gewölbten Wangen der Klostergewölbe, durch das Ineinandergreifen der Schichten in den Gräten, wird auch bei dem Mulden- und Spiegelgewölbe beibehalten. Bei letzterem Gewölbe fallen zwar in dem die horizontale Decke bildenden scheitrechten Gewölbe die Gräte weg; die Richtung der Gräte wird aber bei dem Mauern so lange durch abwechselnd überbindende Schichten in dem scheitrechten Spiegel fortgesetzt, bis die Gratlinien die Scheitellinie schneiden. Der von den Wangen eingeschlossene Spiegel wird so gemauert, daß die Lagerfugen nicht normal auf die Einschalung, sondern nach dem Mittelpunkt eines Kreisbogenstücks gerichtet sind, von welchem die Horizontallinie *a b*

des in Fig. 201 gegebenen Durchschnittes als Sehne angenommen ist. Damit nun die Lagerfugen beim Anschluß der Spiegelwölbung an die Wangen, sowol normal auf die Einschalung der letzteren als auch nach dem Mittelpunkte des scheitrechten Gewölbes gerichtet sind, so wird die Wölbung als ein Korbbogen aus drei Mittelpunkten beschrieben konstruirt. Die drei Bogenstücke haben da, wo sie zusammentreffen, bei *a* und *b*, gemeinsame Tangenten und erhalten, wenn es die Umstände gestatten, gleiche Centriwinkel von 60 Graden.

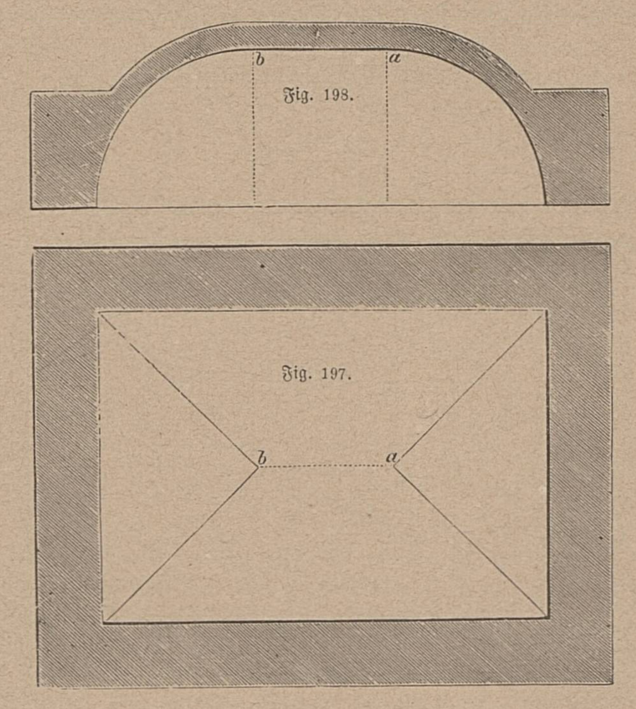


Fig. 198.

Fig. 197.

Es leuchtet ein, daß Spiegelgewölbe einen sehr bedeutenden Horizontalschub auf ihre Widerlager äußern und dem entsprechend nur auf sehr starken Umfangsmauern mit Sicherheit ausgeführt werden können. Schon aus diesem Grunde allein finden sie in unserer Zeit höchst selten Anwendung.

Das Kuppelgewölbe. Die Kuppel kann als Klostergewölbe eines durch eine in sich geschlossene krumme Linie begrenzten Raumes betrachtet werden. Ist die Kurve für den Umfang des zu überwölbenden Raumes der Kreis, so entsteht ein Gewölbe, welches in allen senkrecht durch den Scheitelpunkt geführten Querschnitten kongruente Figuren zeigt. Es kann das Kuppelgewölbe auch so entstanden gedacht werden, daß sich ein Halbkreis, Kreisabschnitt, eine halbe Ellipse, ein Korbbogen 2c. um die senkrechte Achse bewegt,

und so durch die Kurve selbst die Leibungsfläche des Gewölbes erzeugt wird. Nach der angenommenen Wölblinie wird dann das Kuppelgewölbe kugelförmig, ellipsoidisch 2c. genannt. Ruht eine solche Kuppel auf der Oberfläche einer ringförmigen Umfangsmauer, so bildet diese zugleich das Widerlager, und der auf dieses Widerlager sich äußernde Horizontalschub des Gewölbes ist von allen Punkten der Kämpferlinie aus ein gleicher. Zur Ausführung einer solchen Kuppel aus Backsteinen ist keine Einschalung erforderlich, eben so wenig eine Einrüstung zur Unterstützung des Gewölbes.

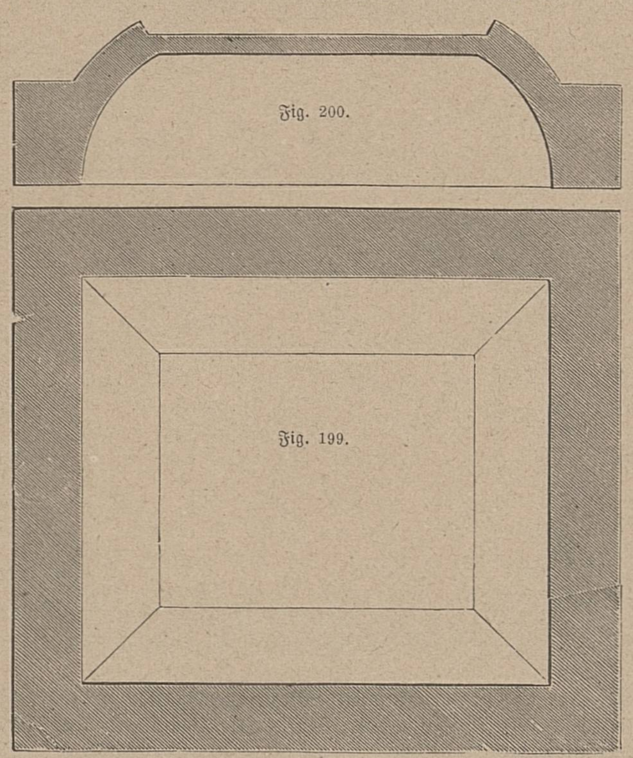
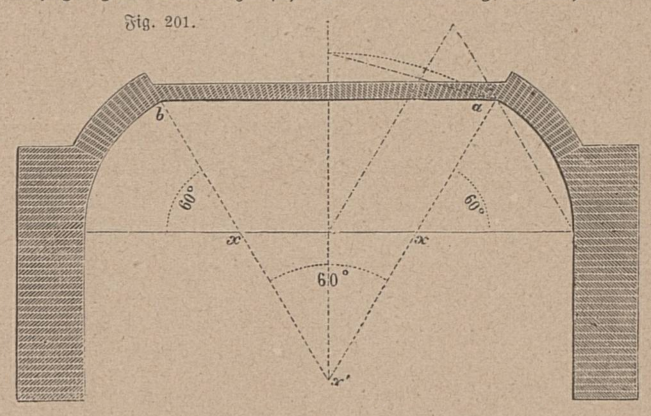

Fig. 200.

Fig. 199.

Jede einzelne Schicht bildet einen ringsum geschlossenen Ring, welcher keiner Unterstützung bedarf, indem die einzelnen Steine an den centrischen Stoßfugen fest an einander schließen und wie durch ihren festen Anschluß, so auch durch die Adhäsionskraft des Mörtels am Herabgleiten gehindert werden. Sowol die Stoß- als die Lagerfugen sind normal auf die Leibung gerichtet. Bildet die Kuppel ein Kugelgewölbe, so kann die Richtung der Fugen ganz einfach durch das Ziehen einer Schnur vom Mittelpunkte der Kuppel aus bestimmt werden. Diese Schnur dient geübten Maurern zugleich dazu, die einzelnen Schichten

richtig anzulegen, indem sie in der Schnur den Halbmesser der Kuppel durch einen Knoten bezeichnen und nun, bei mäßigem Anspannen der Schnur, die Steine nach diesem Schnurknoten ansetzen. Genauer wird die Leibungsfläche, wenn der Maurer sich nach einem beweglichen Lehrbogen richtet, welcher mit Leichtigkeit um die senkrechte Achse gedreht werden kann. Der Steinverband der Kuppelgewölbe ist derselbe wie bei den Tonnen- und Klostergewölben, nur tritt bei kleinen Krümmungshalbmessern die Nothwendigkeit ein, die Läuferschichten aufzugeben und mit lauter Binderschichten zu mauern. Selbst bei sehr großen Krümmungshalbmessern besteht die Wölbung in der Nähe des Scheitels aus lauter Binderschichten, weil bei der Kleinheit der horizontalen Kreise die der Länge nach gelegten Steine zu sehr von der Leibung abweichen würden.

Fig. 201.



Da zur Beleuchtung eines durch eine Kuppel überwölbten Raumes der Scheitel der Kuppel sich am besten eignet, so wird daselbst in der Regel eine Lichtöffnung, welche an manchen Orten Nabel genannt wird, angebracht. Die Einfassung der Lichtöffnung besteht dann entweder aus einem ringförmigen Backsteinbogen mit auf die Hochkante gestellten Schichten, oder aus einem Hausteinringe, welcher an den Stoßfugen Dübel oder Klammern erhält.

Wird die Kuppel zur Ueberwölbung eines geradlinig begrenzten Raumes angewendet, so daß nur einzelne Punkte der Kuppel auf die horizontalen Widerlager treffen, so entsteht eine Kuppel, deren Kämpferlinie an keiner Stelle gerade und horizontal, sondern eine an den Umfangsmauern hinlaufende stetige krumme Linie ist, die in den Ecken des Raumes ihre tiefsten und in den Scheiteln der sich an den Umfangsmauern hinziehenden Kurven ihre höchsten Punkte hat. Nehmen wir zur Grundfigur ein Quadrat und die Kuppel durch Umdrehung eines Halbkreises entstanden an, so giebt nach Fig. 202 u. 203 der Schnitt einer senkrechten Ebene durch eine der Diagonalen einen Halbkreis, und der Schnitt einer senkrechten Ebene durch den Scheitel und parallel mit einer der Seiten einen Kreisabschnitt von demselben Halbmesser

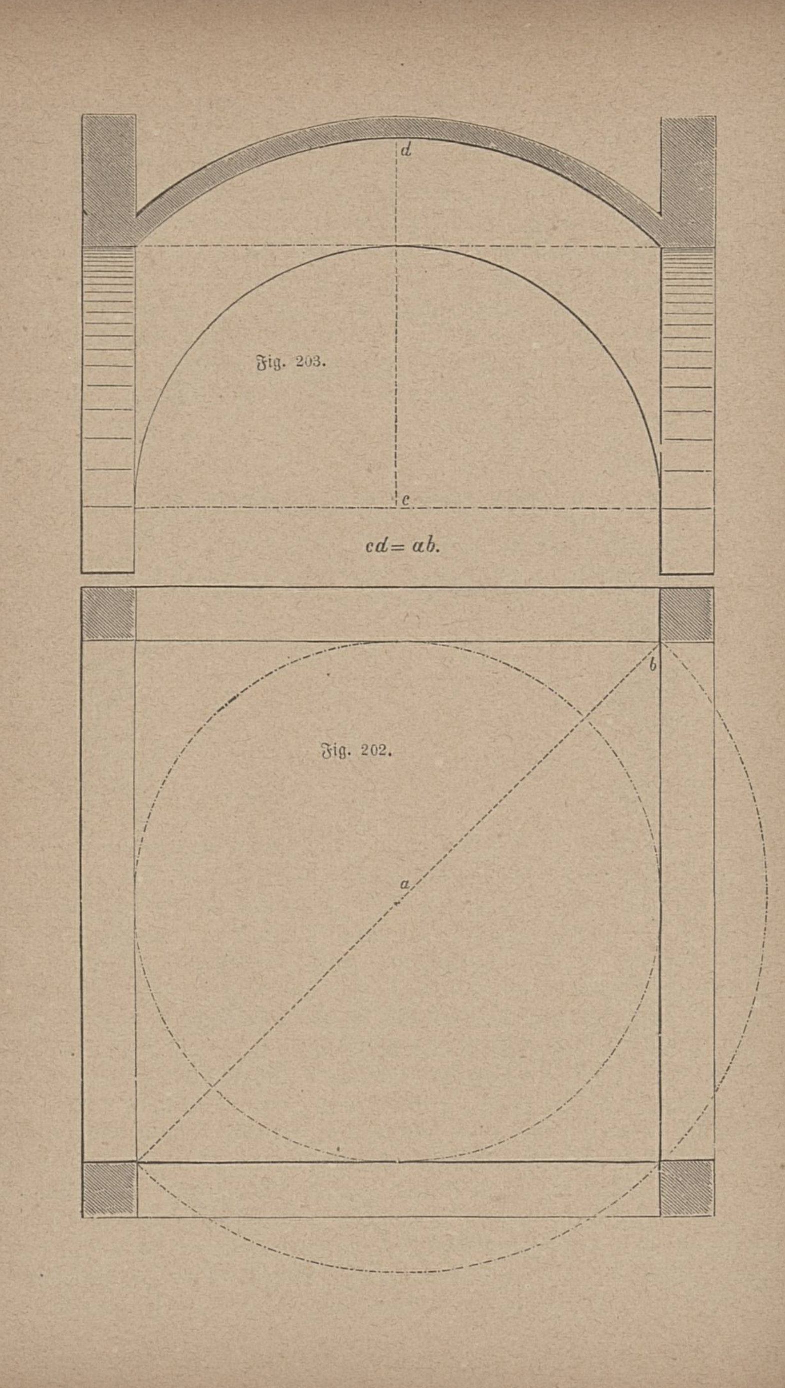
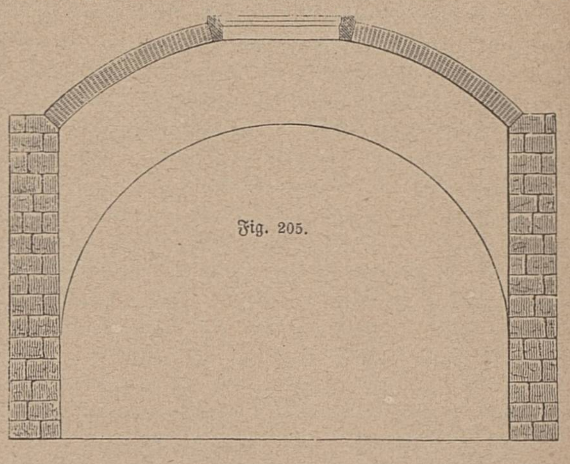
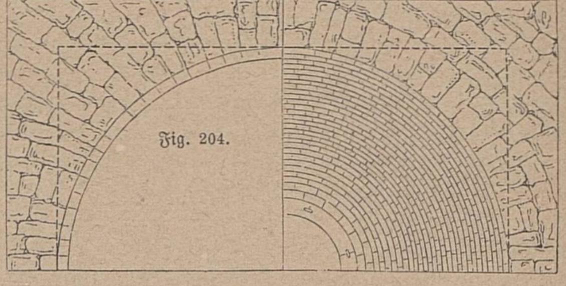


Fig. 203.

Fig. 202.

Die von den Winkelpunkten sich erhebende Kämpferlinie bildet an den Seitenmauern des quadraten Raumes vier gleiche Halbkreise, deren Scheitel in einer und derselben Horizontalebene liegen. Von den vier Eckpunkten bis zu der Horizontalebene durch die Scheitelpunkte der an den Umfangsmauern halbkreisförmig sich erhebenden Kämpferlinien besteht die Leibung des Gewölbes aus vier Eckzwickeln, und über diesen beginnt erst die eigentliche Kuppel, deren Leibung eine Kugelkalotte darstellt. Bei der Ausführung einer solchen Kuppel werden in der Regel nur zwei Lehrbögen über den Diagonalen und vier Lehrbögen an den Umfangsmauern aufgestellt, nach denen sich der Maurer richtet. Nach Vollendung der Eckzwickel sind die aufgestellten Lehrbögen entbehrlich, und es kann für das Mauern der Kalotte ein beweglicher Lehrbogen, welcher um die senkrechte Achse gedreht wird, Anwendung finden. Um der Kuppel, welche in den Ecken scharf ausläuft, eine sichere Auflage zu geben, werden bei dem gewöhnlichen Wölben mit centrischen Fugen die Gewölbeanfänger aus Hausteinen eingesetzt, welche so weit in die Wölbung hinaufgeführt werden, daß für das eigentliche Wölben aus Backsteinen Lagerflächen von der Breite gewonnen werden, daß darauf das Gewölbe in seiner ganzen Stärke angelegt werden kann.


Fig. 205.


Fig. 204.

Wird nun schon durch solche Gewölbeanfänger, welche horizontale Lagerflächen erhalten, die Spannweite des in centrischen Schichten gemauerten Gewölbes und somit der Horizontalschub desselben auf seine Widerlager gemindert, so ist dies noch in höherem Grade der Fall, wenn die ganzen Eckzwickel bis zur Auflage der Kalotte aus horizontal vorgemauerten Schichten bestehen. Die im Zusammenhange mit den Umfangsmauern mit horizontalen Lagerfugen und

nach der Gewölbeleibung mit centralen Stoßfugen gemauerten Gewölbezwickel haben das Bestreben, nach dem Innern des zu überwölbenden Raumes zu fallen. Da nun aber jede Steinschicht einen geschlossenen Ring bildet, so sind sie dadurch gegen das Herabfallen gesichert. Die Masse der mit den Umfangsmauern zu einem Ganzen verbundenen Gewölbezwickel ist nun größer als die Masse der darauf gesetzten Kalotte, so daß hiernach die Kraft, welche bei den ersteren ein Hineinziehen nach dem leeren Raume bewirkt, größer ist als die bei der Kalotte nach außen wirkende Kraft. Es wird bei einem derartig gemauerten Kuppelgewölbe der Horizontalschub auf die Widerlager als vollständig aufgehoben angenommen werden können, so daß der ganze Gewölbekörper nur noch einen senkrechten Druck auf die Umfangsmauern oder die Stützpfeiler desselben äußert. Nach Moller's Angabe ausgeführte Kuppelgewölbe haben die Richtigkeit der vorstehenden Behauptung vollkommen bestätigt. Das erste Gewölbe mit horizontal vorgemauerten Gewölbezwickeln kam bei dem Bau des Theaters in Mainz zur Ausführung. Das Treppenhaus von 9,00 m im Quadrat mit 15,50 m hohen und nur $87\frac{1}{2}$ cm starken Umfangsmauern aus Bruchsteinen wurde mit einer Kuppel so überwölbt, daß die mit den Umfangsmauern im Verbande und in horizontalen Schichten aufgemauerten Gewölbezwickel ebenfalls aus Bruchsteinen bestehen. Auf diese ist die Kalotte von der Stärke eines Backsteines gesetzt und bis zu der durch einen Kranz aus Hausteinen abgeschlossenen Lichtöffnung in centralen Binderschichten gemauert. Fig. 204 stellt die Umfangsmauern des Treppenraumes in Verbindung mit den Gewölbezwickeln in zwei Mauerschichten und Fig. 205 den Querdurchschnitt des Gewölbes durch den Scheitel und senkrecht gegen die Umfangsmauern dar. Kann daraus einerseits der Mauerverband und das Verhältniß der Stärke der Umfangsmauern gegen die Spannweite der Kalotte ersehen werden, so wird andererseits der senkrechte Durchschnitt des Gewölbes im Scheitel nach der Diagonale (Fig. 206) das Massenverhältniß der mit den Umfangsmauern verbundenen Gewölbezwickel gegen die darauf gesetzte Kalotte und die erwähnten Vortheile der Mauerung deutlich vor Augen stellen. Die durch diese gelungene Ausführung gewonnene Ueberzeugung von der Richtigkeit des dem Verfahren zu Grunde gelegten Prinzipes veranlaßte Moller, diese Wölbart in einem Falle zur Anwendung zu bringen, wo die übliche Wölbung mit centralen Schichten von den Winkelpunkten der Widerlager aus geradezu unausführbar gewesen wäre. Es ist dies die Hängekuppel des Treppenhauses in dem Palais des Prinzen Karl von Hessen in Darmstadt. Die Lichtenweite des überwölbten quadraten Raumes ist 5,25 m, und die zwei Stockwerk hohen Mauern aus Backsteinen sind nur 25 cm oder einen Stein stark. Auf diesen 25 cm starken Umfangsmauern und den in horizontalen Schichten vorgemauerten Gewölbezwickeln ruht die in centrischen Binderschichten aus gewöhnlichen Backsteinen gemauerte Kalotte, welche ebenfalls 25 cm dick ist. Wie die ringförmigen Schichten der Gewölbezwickel in die Schichten der Umfangsmauern in Verband

gesetzt sind, zeigen die Grundrisse Fig. 208 von einem Gewölbezwickel ohne Kalotte, und Fig. 209 von dem geschlossenen Gewölbe.

Bei der Ansicht des Querdurchschnitts Fig. 207 fällt die geringe Stärke der Umfangsmauern, welche der Kalotte zum Widerlager dienen, in die Augen. Aus dem in Fig. 210 gegebenen Durchschnitt nach der Diagonale werden wir dagegen ersehen, daß durch das horizontale Vormauern der Gewölbezwickel ein fest zusammenhängender Mauerkörper gebildet wurde, welcher dem Bestreben der Kalotte, nach außen zu schieben, einen ausreichenden Widerstand zu leisten im Stande ist. So viel uns bekannt ist, besteht keine Hängekuppel aus Backsteinen, welche mit der soeben besprochenen in Bezug auf die geringe Stärke der Widerlagsmauern, welche noch nicht den zwanzigsten Theil der Spannweite beträgt, verglichen werden könnte. Selbst wo zur Vermeidung des Horizontalschubs der Kalotte hohle Wölbekörper, statt Backsteinen, verwendet sind, wie bei den Topfgewölben, werden wir stärkere Widerlagsmauern finden.

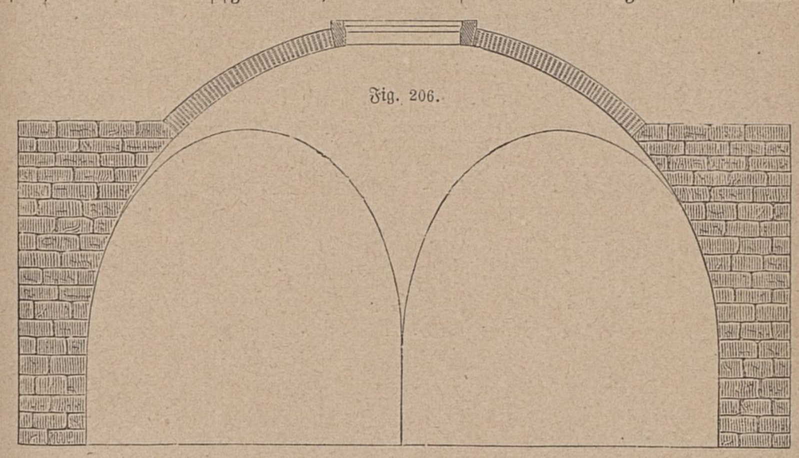


Fig. 206.

Was wir über die Ausführung der Hängekuppel über dem Quadrate in Vorstehendem mitgetheilt haben, findet seine Anwendung auch auf dergleichen Gewölbe über Grundflächen, welche ein regelmäßiges Vieleck bilden. Der Durchmesser solcher Hängekuppeln ist gleich einer Diagonale des Vielecks, und die Scheitelhöhe der an den Umfangsmauern sich hinziehenden halbkreisförmigen Kämpferlinien ist gleich der halben Seite des Vielecks. Ist die Grundfläche unregelmäßig, so wird der Durchmesser der Kuppel gleich der größten Diagonale angenommen, und es entstehen an den Umfangsmauern ebenfalls halbkreisförmige Kämpferlinien, aber von verschiedener Scheitelhöhe

Das Kreuzgewölbe. Alle Gewölbe, welche aus Gewölbekappen zusammengesetzt sind, deren Stirnen sich an die Umfangsmauern des zu überwölbenden Raumes anschließen, werden Kreuzgewölbe genannt.

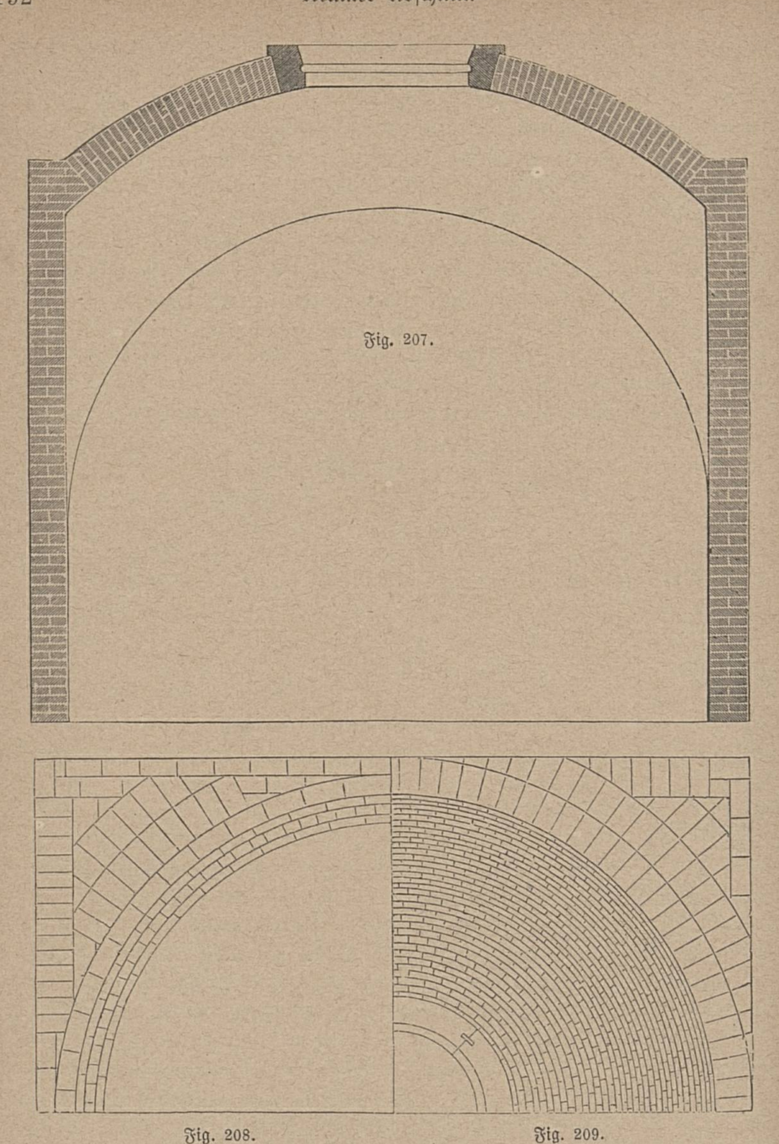


Fig. 207.

Fig. 208. Fig. 209.

Die Umfangsmauern bilden sonach Schildmauern, und wenn sie durch Bögen unterbrochen sind, so bilden diese Bögen Schildbögen. Hiernach hat das Kreuzgewölbe keine Kämpferlinien, sondern nur Kämpferpunkte, welche die

Eckpunkte der Grundfigur sind, die allein durch Säulen oder Pfeiler unterstützt werden müssen. Das einfachste Kreuzgewölbe, mit dem Quadrat als Grundfläche, besteht aus vier gleichen Kappen und kann aus zwei sich unter rechtem Winkel durchdringenden Tonnengewölben entstanden gedacht werden. Ist die Grundfigur ein Vieleck, so besteht das Kreuzgewölbe aus so vielen Gewölbekappen, als die Grundfigur Seiten hat. Die Gräte der Kappen vereinigen sich alle in einem senkrecht über dem Schwerpunkte der Grundfigur gelegenen Punkte. Von diesem Punkte, welcher im Grundriß mit dem Schwerpunkte zusammenfällt, gehen die Scheitellinien der Gewölbekappen aus, nach den Scheitelpunkten der Schildbögen. Die Lagerfugen der Gewölbekappen werden in der Regel parallel mit deren Scheitellinie angenommen.

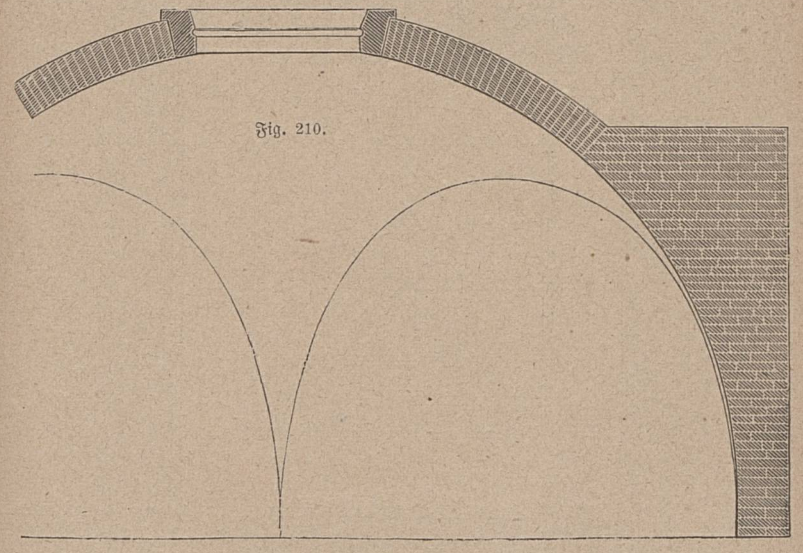


Fig. 210.

Die Gräte bilden an der Gewölbeleibung Rücken mit einspringenden Winkeln und stellen im Grundriß gerade Linien dar.

Ein Kreuzgewölbe wird regulär genannt, wenn die Grundfigur ein Quadrat ist und die Scheitellinien der vier gleichen Kappen in einer Horizontalebene liegen. Die Wölblinien der Kappen sind entweder stetige Bogenlinien oder Spitzbogen. Wir nehmen bei der Betrachtung des regulären Kreuzgewölbes die üblichste Bogenlinie, den Halbkreis, an. Um die Gewölbe mauern zu können, sind mindestens sechs Lehrbögen erforderlich, vier halbkreisförmige Stirnbögen und zwei Gratbögen. Da die Gratlinien sich im Scheitelpunkte des Gewölbes schneiden, so kann nur ein ganzer Gratbogen von einer Ecke zur gegenüberliegenden andern Ecke der Grundfigur durchgehen, der andere Gratbogen besteht aus zwei Theilen, welche im Scheitel an den

durchgehenden Gratbogen befestigt werden. Aus der für die Kappen angenommenen Wölblinie, dem Halbkreis, ergiebt sich für die Gratbögen als Bogenlinie die halbe Ellipse, welche entweder nach der Methode der Vergatterung bestimmt oder nach dem früher angegebenen Verfahren mittels der über die Brennpunkte und den Scheitelpunkt gespannten Schnur gezogen werden kann.

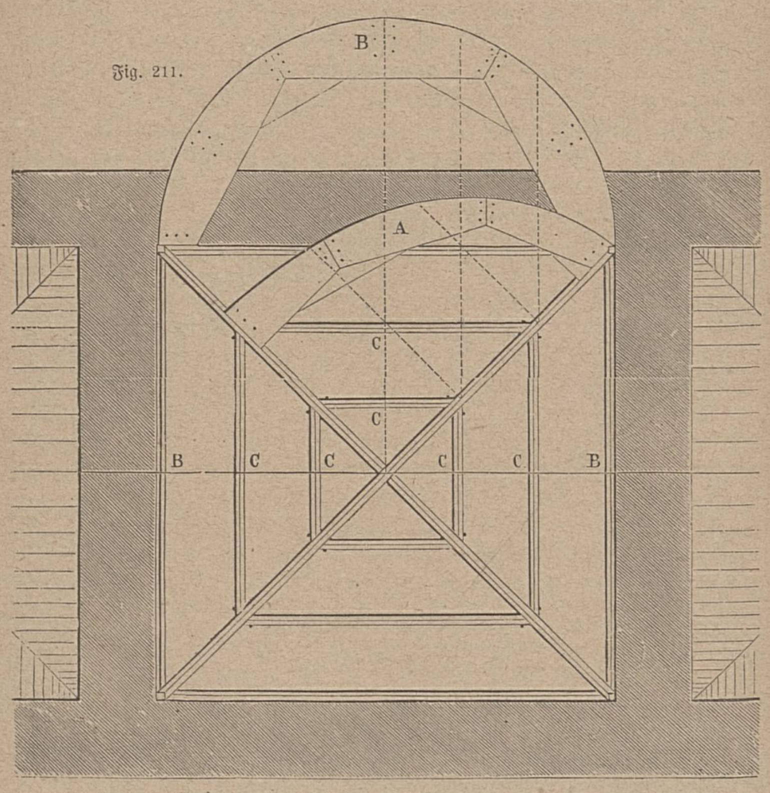


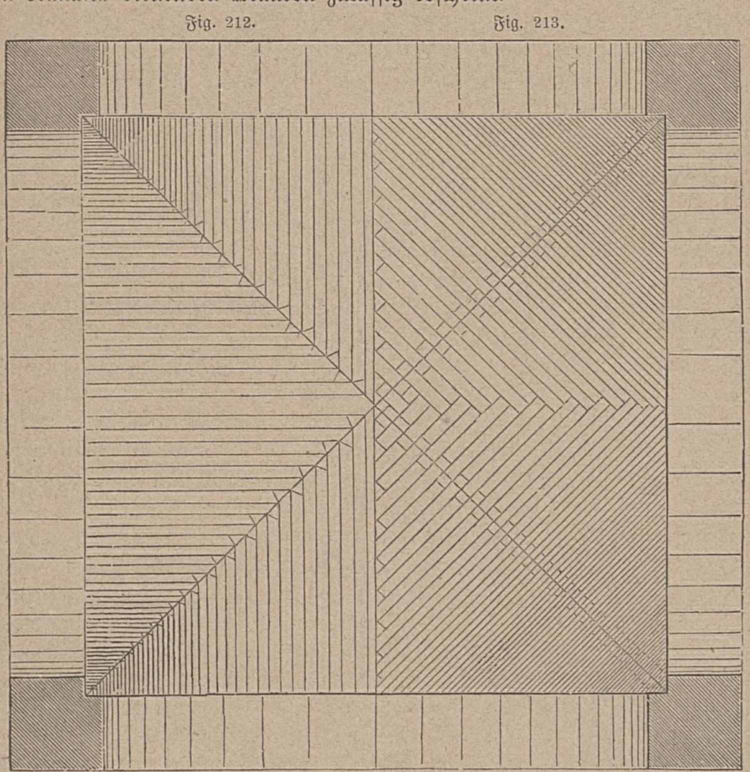
Fig. 211.

Sind diese sechs Lehrbögen bei kleineren Gewölben ausreichend, um darauf die Einschalung anbringen zu können, so stellt sich dagegen bei größeren Gewölben die Nothwendigkeit heraus, zur Unterstützung der Schalbreter oder Latten, außer den ganzen Stirnbögen noch Zwischenbögen anzubringen. Bei der in Fig. 211 im Grundriß dargestellten Einrüstung haben wir die Gratbögen mit A, die Stirnbögen mit B und die Zwischenbögen mit C bezeichnet. Diese parallel mit den Stirnbögen aufgestellten Zwischenbögen bestehen aus Abschnitten der halbkreisförmigen Stirnbögen und schiften sich an die Gratbögen stumpf an. Da die Gratbögen zur Aufnahme der Einschalung zweier Kappen dienen müssen, so erhalten sie die den einspringenden Winkeln der

Gräte entsprechende Form. Auch wenn die Kreuzgewölbe ohne Einschalung aus freier Hand gemauert werden sollen, kann die angegebene Einrüstung nicht entbehrt werden. Nehmen wir an, daß das Kreuzgewölbe mit Backsteinen eingewölbt werden soll, so ist es begreiflich, daß der Gewölbeanfang von den vier Eckpunkten aus nicht aus angemauerten Backsteinstückchen bestehen kann. Es werden besondere Anfänger, welche in die Umfangsmauern eingreifen, angebracht. Diese können aus einem ganzen Hausteine bestehen, oder sie werden durch horizontal vorgemauerte Schichten der Umfangsmauern gebildet und bestehen sonach aus demselben Steinmateriale, aus Bruch- oder Backsteinen. Da die Kreuzgewölbe in der Regel nur zur Ueberdeckung von Räumen angewendet werden, wobei sie außer ihrem eigenen Gewichte keine andere Last zu tragen haben, so werden sie bis zu einer Spannweite von 4 bis 4,50 m nur 1/2 Stein stark und bei größerer Spannweite höchstens einen ganzen Stein stark gewölbt. Die übliche Richtung der Lagerfugen ist, wie bei den Tonnengewölben, parallel mit den Scheitellinien der Kappen, welche als Theile von Tonnengewölben betrachtet werden können. Bei dem Mauern wird in jeder Schicht an den Gräten, wo die Steine so zugehauen werden, daß sie abwechselnd von einer Kappe in die andere übergreifen, begonnen, und von da aus werden die Schichten unter Beobachtung des Verbandes nach den Schildmauern oder Schildbögen weiter angesetzt und an den letzteren geschlossen. Den Schluß der einzelnen Kappen bildet die letzte Schicht von der Länge der Scheitellinien, die man bei dieser Wölbart horizontal annehmen muß. Eine andere Wölbart besteht darin, die Schichten normal auf die Gräte anzulegen und von da ansteigend über die Kappen so zu führen, daß die von den Gräten in die zwei anschließenden Kappen eingreifenden Schichten in einer normal auf die Gratlinie geführten Ebene liegen. Bei dieser Wölbart werden die Gratsteine so zugehauen, daß sie abwechselnd von einer Kappe zur andern überbindend mit dem Haupte in die Leibung treffen. Von den Anfängen bis zu den Scheitelpunkten der Schildbögen schließen die Schichten jeder Kappe an zwei Schildmauern an, von da aufwärts schneiden sich die Schichten in der Richtung der Scheitellinien in einem rechten Winkel und werden im Schwalbenschwanze abwechselnd überbunden. Den Schluß des Gewölbes bildet ein einziger Keilstein von quadrater Form im Querschnitt. Da derartig gemauerte Kreuzgewölbe sich nach der Ausschalung im Scheitel etwas senken, so pflegt man die Scheitellinien der Kappen von den Stirnen aus etwas ansteigen zu lassen und dies bei der Einrüstung zu berücksichtigen, indem man die Scheitelhöhe der Gratbögen um so viel höher annimmt wie bei den Schildbögen, als das Ansteigen der Scheitellinien, was man das Stechen der Kappen nennt, betragen soll. Fig. 212 stellt die Wölbung der Kappen nach der Art der Tonnengewölbe und Fig. 213 die Wölbung der Kappen im Schwalbenschwanze, mit normal auf die Gratlinien geführten Schichten, im Grundriß dar. Nach dem bereits Angeführten bilden die sämmtlichen Umfangsmauern eines mit einem Kreuzgewölbe überwölbten Raumes Schild- oder Stirnmauern, und nur die Ecken,

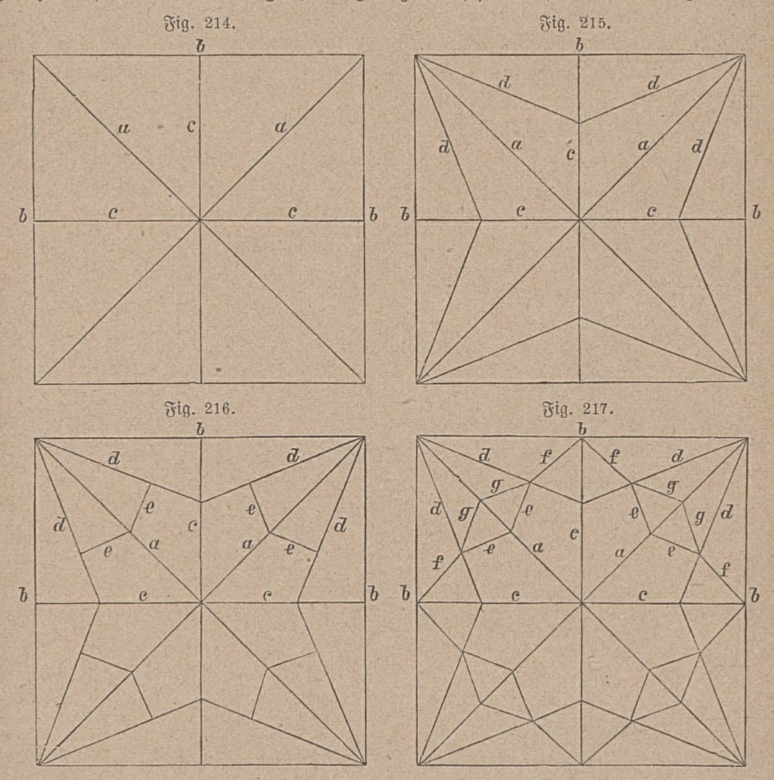
von welchen aus die Kappen sich erheben, sind Widerlags- oder Kämpferpunkte, gegen welche der Horizontalschub in der Richtung der Gräte wirkt. Hiernach sind nur Eckpfeiler von der der Spannweite der Gratbögen entsprechenden Stärke als Widerlager eines Kreuzgewölbes erforderlich, während die Schildmauern oder Schildbögen eine so geringe Stärke haben können, als dies bei den nur zum Abschluß der Seiten des zu überwölbenden Raumes dienenden Mauern zulässig erscheint.

Fig. 212. Fig. 213.



Aus diesem Grunde ist das Kreuzgewölbe von allen Gewölben das zur Ueberwölbung großer Räume geeignetste, indem man die großen Räume durch einzelne, mittels Gurtbögen von geringer Stärke unter einander verbundene Stützen in kleinere Räume theilen und diese mit Kreuzgewölben überspannen kann. Alle Stützen der inneren Theilung haben nur die Last der Gurtbögen und Gewölbe zu tragen und können, da sie keinem Horizontalschube zu widerstehen haben, als senkrecht belastete Pfeiler oder Säulen betrachtet werden, deren Stärke sich allein hiernach und nach der rückwirkenden Festigkeit des Materials, aus welchem die Stütze besteht, zu richten hat.

Bei der Bestimmung der Widerlagerstärke für die Eckpfeiler von Kreuzgewölben gilt als Wölblinie der Gratbogen, in dessen Richtung allein das Kreuzgewölbe einen Horizontalschub äußert. Bei halbkreisförmigen Kreuzkappen mit horizontalen Scheitellinien bilden die Gratbögen Ellipsen, welche bei gleicher Spannweite einen größern Horizontalschub äußern als der Halbkreis.



Deshalb hat man bei der Ausbildung der Kreuzgewölbe schon sehr früh die Gratbögen als Halbkreise angewendet und dadurch, daß man die Scheitellinien der Kappen von den halbkreisförmigen Schildbögen nach dem höher gelegenen Scheitelpunkte der Diagonalbögen ansteigen ließ, das Kreuzgewölbe so wesentlich umgestaltet, daß es nicht mehr als ein aus Theilen eines Tonnengewölbes zusammengesetztes Gewölbe betrachtet werden konnte. Sollen bei den im Halbkreis angenommenen Gratbögen die Scheitellinien der Kappen horizontal bleiben, so stellen sich für die Stirnbögen derselben überhöhte Bögen heraus. Es liegt sehr nahe, daß dieser konstruktiven Anforderung der Spitzbogen wenn nicht seine Entstehung, doch seine erste Anwendung beim Gewölbebau zu verdanken hat. Hatte man erst die Vorzüge des

Spitzbogens als Wölblinie sowol in Bezug auf die leichte Ausführbarkeit als auch auf den geringen Horizontalschub der Gewölbe kennen gelernt, so war nichts natürlicher, als daß man diese Bogenlinie auch bei den Gratbögen anwendete.

Daß der Spitzbogen zuerst als Wölblinie bei den Kreuzgewölben Anwendung gefunden hat, beweisen die in ihrer ursprünglichen Anlage erhaltenen Bauwerke aus dem zwölften Jahrhundert, deren Wölbungen bereits im Spitzbogen ausgeführt sind, während zur Ueberdeckung aller Durchbrechungen, welche nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit den Gewölben stehen, der Halbkreisbogen beibehalten ist. Mit der Anwendung des Spitzbogens als Wölblinie für die Kappen und Gräte tritt eine Verstärkung der Gräte auf, welche früher nur scharfe Kanten bildeten.

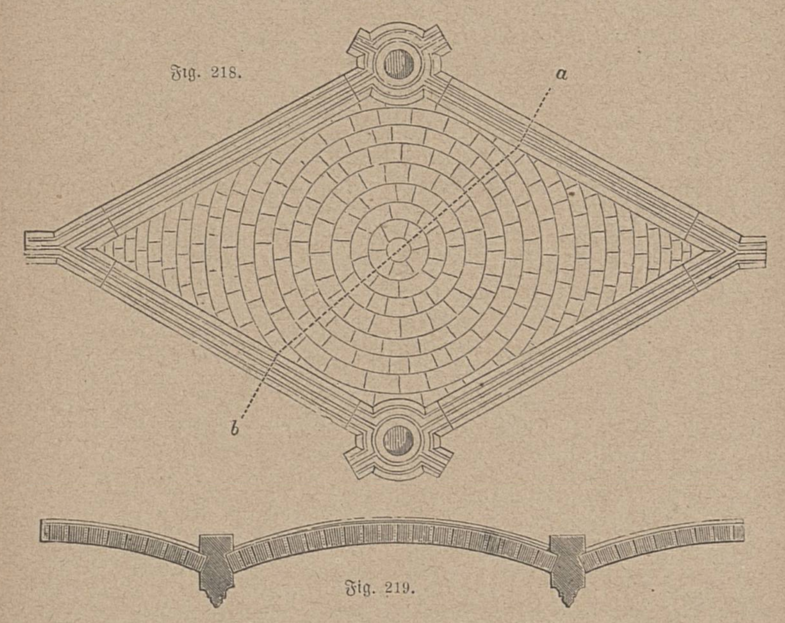


Fig. 218.

Fig. 219.

Die Gräte treten vor die Leibungsfläche des Gewölbes vor und sind als die am meisten belasteten Theile des Gewölbes entweder aus Hausteinen konstruirt, oder aus festen Formsteinen in Verbindung mit den Kappen gemauert. War durch die Verstärkung der Gräte eine größere Festigkeit der Kreuzgewölbe erreicht, so ging nun das Bestreben der mittelalterlichen Werkmeister darauf hinaus, diesen Gewölben ohne Beeinträchtigung der Festigkeit den höchstmöglichen Grad von Leichtigkeit zu geben und dadurch den schon durch die Anwendung des Spitzbogens verminderten Horizontalschub derselben auf das geringste Maß einzuschränken. Es wurden die vor die Leibungsfläche vortretenden Rippen als Träger des Gewölbes, als die zur Darstellung der Gewölbeform

erforderliche Einrüstung betrachtet und dem entsprechend von dem festesten Materiale konstruirt und auch für sich aufgestellt. Die von den Gewölberippen umschlossenen Gewölbefelder wurden, von den Rippen als Widerlager ausgehend, mit dem leichtesten Steinmaterial und in geringer Stärke gewölbt. Gehört die Ausführung der Gewölberippen aus Hausteinen auch nicht zu den Arbeiten des Maurers, so müssen wir ihrer doch hier insoweit gedenken, als es zum Verständniß des vorzugsweise im Mittelalter vom dreizehnten bis sechzehnten Jahrhundert zur höchsten Ausbildung gekommenen Gewölbebaues erforderlich ist.

Fig. 220.

Als Beispiel der stufenweisen Ausbildung dieser mittelalterlichen Kreuzgewölbe geben wir in Fig. 214 bis 217 die Grundrisse von der Ueberwölbung eines quadraten Raumes. Die einfachste und früheste Anwendung für sich bestehender Gewölberippen ist in Fig. 214 dargestellt, wo zu den Diagonalrippen *a* die Stirnrippen *b* und die Scheitelrippen *c* hinzugefügt und so die vier Kappen in acht getrennte Gewölbefelder abgetheilt und diese mit normal auf die Diagonalrippen gerichteten Schichten gemauert wurden. Sodann finden wir nach Fig. 215 zur Verspannung der nur wenig ansteigenden Scheitelrippen *c*, von den Kämpferpunkten aus noch die steil ansteigenden Rippen *d* angebracht, dadurch die vier Kappen in sechzehn Felder getheilt und diese Felder schon als flache Kappen kuppelartig ausgewölbt. Um die langen Diagonalrippen *a* und die Streberippen *d* unter sich zu verspannen, wurden nach Fig. 216 von den Streberippen *d* nach den Diagonalrippen *a* ansteigende Zwischenrippen *e*, Liernen genannt, angebracht und so die Kappen in 24 Felder getheilt. Zu den Liernen *e* kommen dann noch zur Verspannung der Stirnrippen nach Fig. 217 weitere Liernen *f* und weiter noch die Liernen *g* &c.

Wir ersehen, daß der sich steigernden Anzahl von Gewölberippen die Absicht zu Grunde liegt, die Tragfähigkeit der Hauptrippen durch Verspannung derselben unter einander und durch das Abknüpfen der langen Linien in für sich abgeschlossene kurze Linien zu vermehren, ohne denselben bei vermehrter Spannweite an Masse zusetzen zu müssen. Wenn die Steigerung in der sternförmigen Theilung der Gewölbefläche, nach der diese Gewölbe den Namen Sterngewölbe erhalten haben, nicht immer auch mit einem wirklichen

Fortschritte in der Technik verbunden ist, so kommt dies daher, daß, nachdem einmal die Technik den höchsten Grad der Vollendung erreicht hatte, die handfertigen Werkleute sofort durch gewagte Kunststücke mit willkürlichen, oft widersinnigen Rippenbereicherungen sich auszuzeichnen und zu überbieten suchten. Bei aller willkürlichen Theilung der Sterngewölbe in späterer Zeit läßt sich der konstruktive Ursprung der Rippen immerhin noch darin erkennen, daß sie an allen Durchschneidungspunkten wie die Maschen eines Netzes durch Knoten, welche meist Rosetten, Wappenschilder ꝛc. darstellen, und aus einem Schlußsteine bestehen, gegen den die Rippen und Liernen sich mit normalen Lagerfugen anschließen, unter einander so verbunden sind, daß das gesammte Rippenwerk auch ohne Ausfüllung der Gewölbefelder ein festes Gerüste bildet.

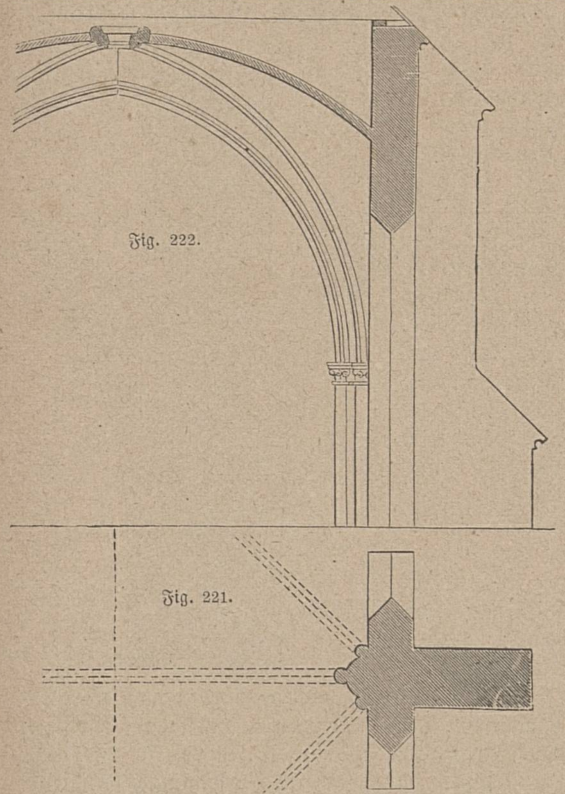

Fig. 222.

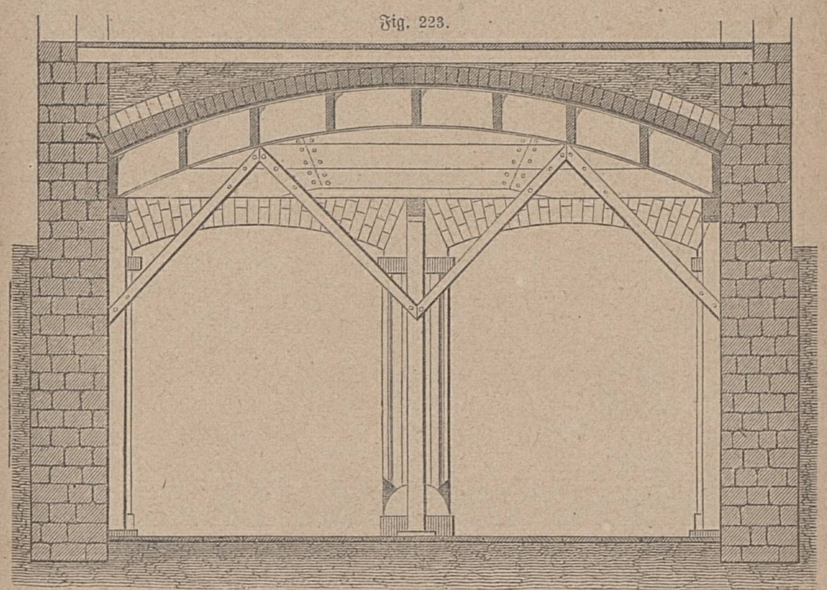
Fig. 221.

Fig 218 giebt den Grundriß eines Gewölbefeldes mit Angabe der kuppelartigen Ausmauerung, und Fig. 219 den Durchschnitt desselben Feldes nach der Linie *a b*.

Zur Wölbung der Felder wurde stets das leichteste Steinmaterial und dieses in sehr geringer Stärke verwendet. Wo der in den Rheingegenden fast allgemein dazu verwendete Tuffstein fehlte, finden wir poröse leichte Backsteine als Wölbmaterial. Die zuweilen nur 8 bis 10 cm dicken, mit einem gut bindenden Mörtel gemauerten flachen Kappen sind mit einem Gußmörtel überzogen und dadurch zu einem aufs Innigste zusammenhängenden Steinkörper verbunden. Finden wir bei diesen mittelalterlichen Sterngewölben der Anforderung an Festigkeit durch die aus festen Steinen sorgfältig ausgeführten Rippen und der Anforderung an Leichtigkeit durch die aus leichtem Steinmaterial von geringer Stärke

ausgewölbten Felder der Gewölbekappen auf eine Weise entsprochen, wie dies bei früheren Gewölben nicht der Fall ist, so werden wir das bei diesen Gewölben eingehaltene Verfahren, welchem die Aufhebung des Horizontalschubes zu Grunde liegt, als ein ebenfalls früher nicht gekanntes, der mittelalterlichen Gewölbetechnik ausschließlich zugehöriges Element anerkennen müssen. Dieses Verfahren besteht darin, die Gewölbeanfänge vermittels horizontal bis zur Leibungsfläche vorgemauerter Schichten zu bilden und sodann durch das Höherführen der Mauern von den horizontal gemauerten Gewölbeanfängen bis unter das darauf angebrachte Dachwerk, oder bei den Umfangsmauern durch die auf die Strebepfeiler errichteten freistehenden Spitzsäulen die Stütz- oder Widerlagspfeiler so zu belasten, daß die darauf gebrachte senkrechte Last größer ist, als das Gewicht der mit centralen Lagerfugen gemauerten Bestandtheile der Gewölbe.

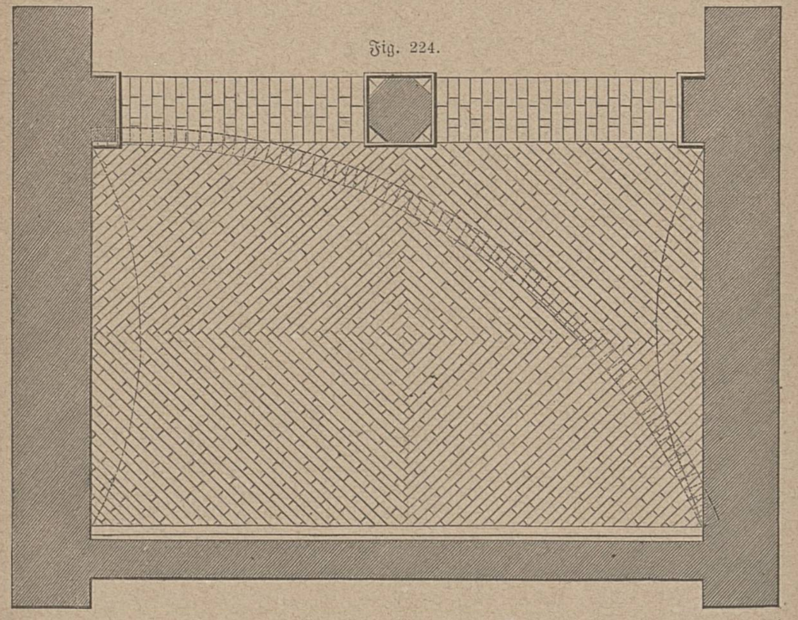
Fig. 223.



Aus Fig. 220, welche den Durchschnitt eines Stützpfeilers mit den Gewölbeanfängen und der darüber geführten höheren Aufmauerung, und aus Fig. 221 und 222, welche einen äußern Strebepfeiler im Grund- und Aufrisse darstellen, ist das beobachtete Verfahren, durch welches der Horizontalschub der Sterngewölbe vollständig aufgehoben und in einen senkrechten Druck umgewandelt wurde, zur Genüge zu ersehen. Waren hiernach die mittelalterlichen Werkmeister im vollen Besitz der Mittel, hohe Räume auf schwachen, zierlichen Stützpfeilern oder Säulen sicher zu überwölben, ohne die geringste Verankerung anzubringen, so unterliegt es keinem Zweifel,

daß durch ein gründliches Studium ihrer Werke noch manches Räthsel gelöst und der Wiedereinführung naturgemäßer Konstruktionen, wie wir sie im Mittelalter in allen Zweigen der Bautechnik finden, der Weg angebahnt werden wird.

Das böhmische Kappengewölbe. Gewölbe, welche in flacher Bogenlinie ausgeführt, möglichst leicht gehalten und über schwachen Widerlagern gespannt werden können, da sie hauptsächlich einen Seitendruck auf die Ecken des überwölbten Raumes ausüben, sind die sogenannten böhmischen Kappengewölbe. Es sind dies zwischen die Gurtbögen der Seitenmauern eingespannte flache Kuppeln, bei welchen die Kämpferlinien in flacher Bogenform an den Umfangsmauern oder Gurtbögen hinführen.


Fig. 224.

Sie unterscheiden sich von den früher besprochenen Kuppelgewölben nur dadurch, daß beim böhmischen Kappengewölbe der Kugelhalbmesser im Verhältniß zur Seite des zu überwölbenden Raumes viel größer angenommen wird, als beim Kuppelgewölbe, so daß die Pfeilhöhe des Wölbebogens $1/_{15}$ bis $1/_{10}$ von der längsten Seite des zu überwölbenden Raumes, ja oft noch weniger beträgt.

Wie das flache Kappengewölbe und auch das Kreuzgewölbe zur Ueberwölbung von Räumen, welche bei geringer Höhe möglichst an Raum gewinnen sollen, ausgedehnte Anwendung finden, so ist auch das böhmische Kappengewölbe für diesen Zweck vorzüglich geeignet und zur Ueberspannung länglicher Räume dem Kreuzgewölbe entschieden vorzuziehen.

Fig. 225.

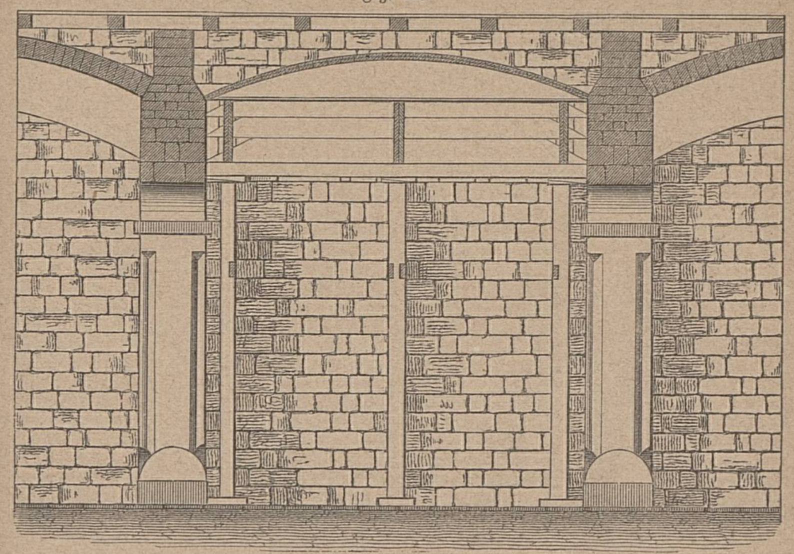
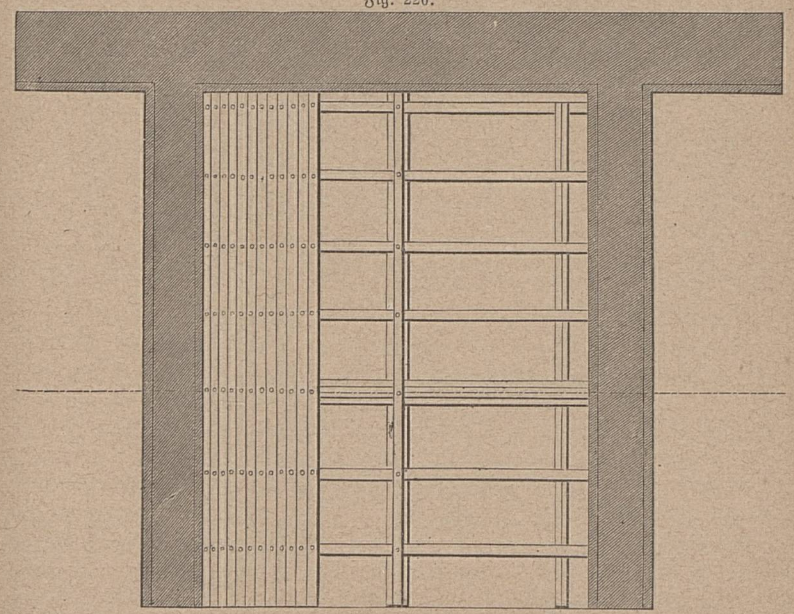
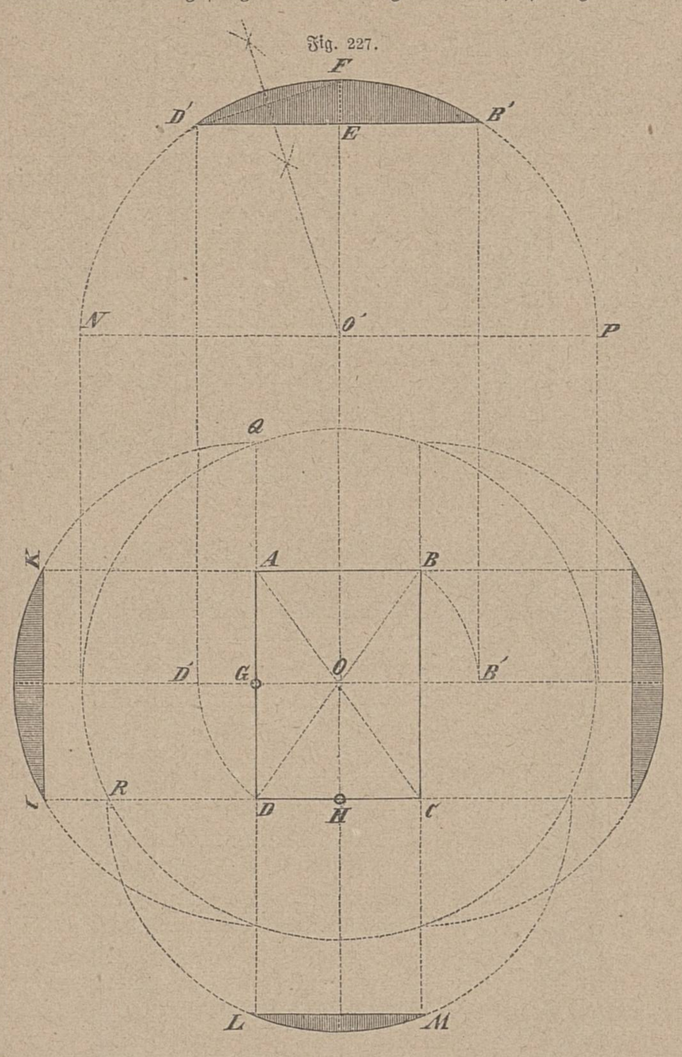


Fig. 226.



Die Ausführung geschieht ohne Einschalung nur mit Hülfe einiger Lehrbögen, entweder aus freier Hand, oder über aufgelegten dünnen Latten, wobei von den Ecken angefangen und in diagonalen Schichten gemauert wird,

Fig. 227.



so daß sich die Wölbschichten im Scheitel schwalbenschwanzförmig überbinden. Aus den Fig. 223 bis 226, von welchen Fig. 223 den Längenschnitt und Fig. 224 die Untersicht, sowie Fig. 225 den Grundriß mit Angabe der

Lehrbögen und Fig. 226 den Querdurchschnitt eines böhmischen Kappengewölbes über länglich viereckigem Raume darstellen, ist die Anordnung dieses Gewölbes sowie seiner Einrüstung leicht zu ersehen. Die Gewölbestärke beträgt selbst bei Spannweiten bis zu 5,00 m nur $^1/_2$ Stein, wird dagegen oft in der Weise verstärkt, daß man in den Ecken mit einem Stein Stärke beginnt und bis zur Ueberbindung zweier Schichten mauert, alsdann absetzt und den Rest des Gewölbes mit $^1/_2$ Stein Stärke schließt. Bei Wölbungen über größeren Räumen wird wol auch mit $1\,^1/_2$ Stein begonnen, in dieser Stärke auf $^1/_3$ der Diagonale gewölbt, alsdann das zweite Drittel ein Stein und das letzte Drittel $^1/_2$ Stein stark ausgeführt.

In Fig. 227 geben wir noch die Ausmittlung der Lehrbögen für ein böhmisches Kappengewölbe über einem länglich viereckigen Raume $ABCD$. Trägt man auf einem Schnürboden die Diagonale BD nach $B'D'$, verlängert die Achse des zu überwölbenden Raumes nach OF und trägt die angenommene Scheitelhöhe des Gewölbes EF auf dieser Mittellinie auf, so wird man durch Errichtung einer halbirenden Senkrechten auf FD' in O' den Mittelpunkt für die Wölblinie und in $B'FD'$ den Lehrbogen für die Diagonalen BD und AC finden. Vom Mittelpunkte O des zu überwölbenden Raumes trägt man sodann den größten Kreis der Kugeloberfläche mit dem Halbmesser NO' auf, verlängert die Seite AD, bis sie diesen Kreis im Punkte Q trifft, und zieht alsdann mit dem Halbmesser GQ den diesem Kugelschnitt zugehörigen größten Kreis, von welchem durch die Verlängerung der Seiten AB und CD der Bogen IK als der den Seiten AD und BC entsprechende Lehrbogen abgeschnitten wird. Genau in derselben Weise wird der Lehrbogen LM für die Seiten DC und AB ermittelt.

Zehnter Abschnitt.

Von den Cementarbeiten und steinernen Fußböden.

In den letzten Jahrzehnten hat die Anwendung der Cemente für den Hochbau, Wasser- und Eisenbahnbau einen so bedeutenden Aufschwung genommen, daß wir es für geboten erachten, dieselbe durch Betrachtung einiger Beispiele in einem besondern Abschnitte zu behandeln.

Die Darstellung der besten natürlichen und künstlichen Cemente ist in England erfunden worden, und hat sich England seit Jahren durch die Vortrefflichkeit seiner Cemente ausgezeichnet. Den künstlich dargestellten Cementen, wozu besonders der Portlandcement gehört, gebührt zur Verwendung in den meisten Fällen der Vorzug, weil dieselben nach stets gleichmäßigen Mischungsverhältnissen der Rohmaterialien dargestellt werden können und dadurch ein gleichmäßig gutes Fabrikat liefern. Der mit jedem

Jahre steigende Begehr nach diesen Bindemitteln gab vielfache Anregung zur Fabrikation künstlicher Cemente, und so sind denn an vielen Orten Deutschlands in den letzten Jahren Fabriken künstlicher Cemente entstanden, welche dem so vorzüglichen, von England eingeführten Portlandcement mit Erfolg Konkurrenz machen und ein Fabrikat liefern, welches dem besten englischen Cement an Güte und Dauerhaftigkeit nicht nachsteht.

Hauptsächliche Anwendung finden die Cemente zum Trockenlegen feuchter Räume, zur Anlage wasserdichter Keller und Vorrathsräume, Senkgruben, von Treppen, Balkonen, Wasserbehältern 2c., und bieten als Mörtelzusatz zum raschen und sichern Unterfangen von Fundamenten ein vorzügliches Material. Ebenso ist der Cement zu Wasserbauten und Fundirungen fast unentbehrlich geworden, und seine Anwendung gewinnt zur Herstellung von Straßen, Trottoirs und Estrichen, Rinnsteinen, Kanälen, sowie von Fußbodenplatten, baulichen Ornamenten und Werkstücken, zum Ersatz der Hausteine, immer größere Ausdehnung.

Je nach dem Zwecke und der Konstruktion werden Cementarbeiten entweder aus reinem Cementmörtel oder aus einem solchen mit Zusatz von Sand, aus Béton, oder aus Cementmörtel in Verbindung mit natürlichen oder künstlichen Steinen gefertigt. Es ist bei Ausführung solcher Arbeiten hauptsächlich darauf zu achten, daß der zur Anwendung kommende Cement aus anerkannt guten Fabriken bezogen und möglichst frisch verarbeitet werde; daß die Aufbewahrung desselben an luftigen und trockenen Orten geschieht und die Zusatzmaterialien vollkommen rein und trocken dem Cementpulver vor Bereitung des Mörtels hinzugefügt und mit demselben innig vermengt werden. Alles Steinmaterial ist vollkommen rein, frei von Staub und Schmuz, zu verwenden und darauf zu sehen, daß Steine mit sehr glatter Oberfläche vermieden werden, weil diese Glätte dem Anhaften des Mörtels hinderlich ist. Von ganz besonderer Wichtigkeit ist das vorherige kräftige Annetzen der zur Anwendung kommenden Steine, sowie das fortwährende gleichmäßige Annetzen während und nach der Arbeit, weil dadurch das Erhärten des Cementmörtels zur vollkommenen Steinhärte beschleunigt und bedingt wird.

Sollen Mauertheile mit Cement verputzt werden, so empfiehlt es sich, dieselben vorher ganz austrocknen zu lassen, damit nicht die äußere Cementlage dem Austrocknen des inneren Kernes hinderlich wird.

In den Fig. 228 und 229 haben wir zwei Beispiele der Anwendung des Cementes zur Abhaltung des Grundwassers dargestellt und dabei die Isolirschichten mit *a a* bezeichnet.

Zur Herstellung von Treppenanlagen mit Untermauerung von Backsteinen findet der Cement vielfältige Anwendung. Wir geben in den Fig. 230 und 231 zwei Beispiele zur Herstellung solcher Treppen aus gerollten Backsteinen mit liegenden Deckschichten, und in Fig. 232 die Anlage einer Treppe aus gestellten und liegenden Backsteinen.

Beispiele der Anwendung des Cementes zur Herstellung von Bassins und Flüssigkeitsbehältern geben wir in den Fig. 233 bis 236, und zwar geben die Fig. 233 und 234 die Herstellung eines solchen von gestellten Backsteinen in Cement gemauert, mit einem beiderseitigen Ueberzuge von Cementmörtel, Fig. 235 die Anlage eines ebensolchen, dessen Boden von gerollten Steinen und die Seitenwände von liegenden Steinen hergestellt sind. Fig. 236 endlich giebt die Anlage eines Reservoirs, bei welchem der Boden aus gerollten Backsteinen und die Seitenwände aus liegenden Schichten gemauert und mit einer Deckschicht von Ziegelplatten versehen sind.

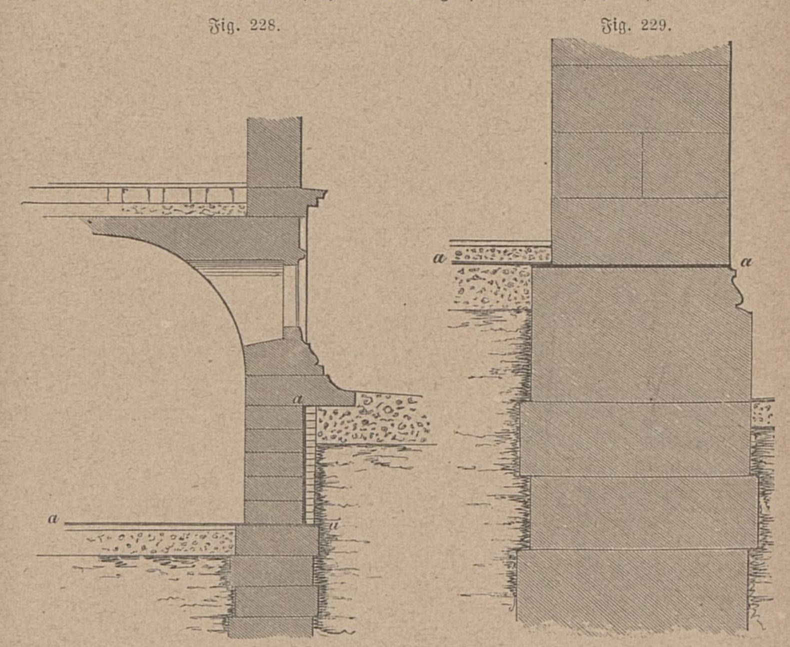


Fig. 228. Fig. 229.

In den Fig. 237 bis 240 haben wir drei Beispiele der Anwendung des Cementes zur Herstellung von Rinnen und Trottoirs dargestellt, und zwar geben die Fig. 237 und 238 die Herstellung einer Rinne aus gewöhnlichen Feldbacksteinen mit einem Ueberzuge von Cementmörtel, Fig. 239 eine Rinne aus Cementmörtel mit Steinstücken, welche zwischen ein Rollpflaster von Backsteinen eingespannt ist, und Fig. 240 die Anlage einer Straßenrinne mit Anschluß eines Steinpflasters und eines Trottoirs von Cementplatten.

Von den steinernen Fußböden. Zur Herstellung von Fußböden im Innern und Aeußern von Gebäuden werden, je nach dem Klima und den Anforderungen der Schönheit und Billigkeit, die verschiedensten natürlichen und künstlichen Steinmaterialien verwendet. Zu Fußböden aus natürlichen

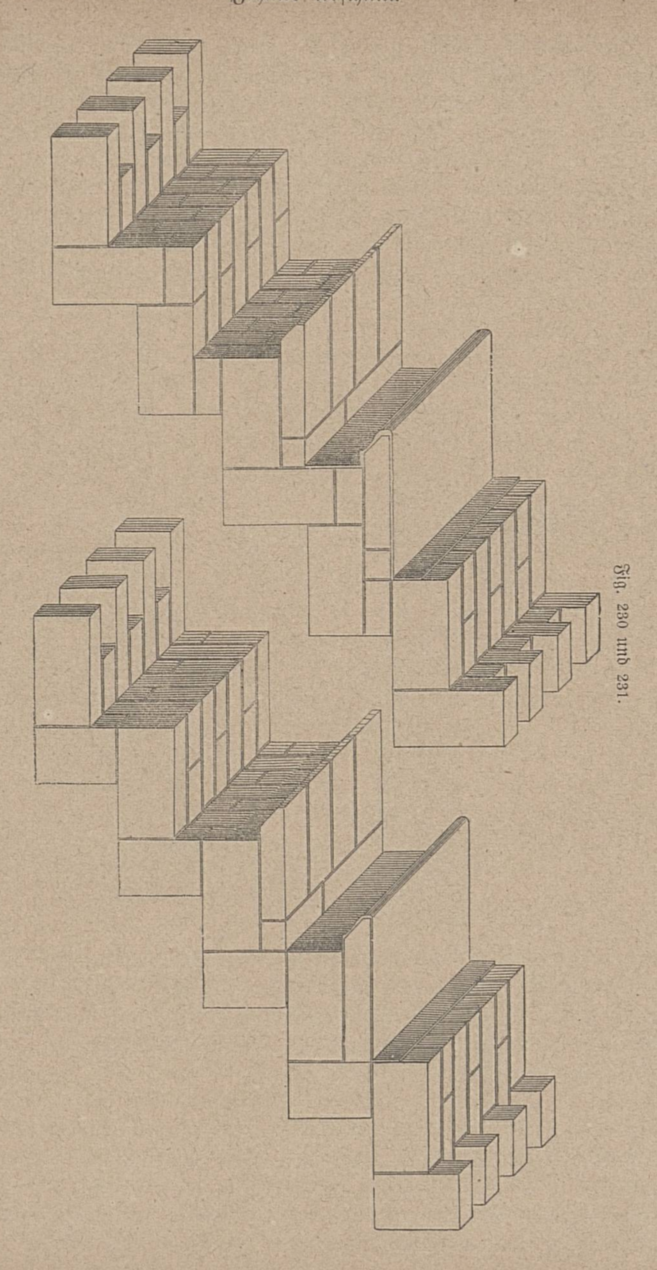
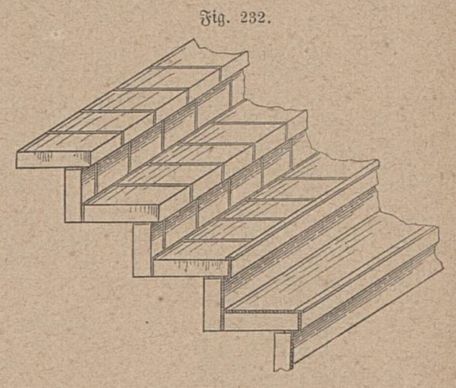


Fig. 230 und 231.

Steinen eignen sich alle festen, lagerhaft brechenden Steinarten, und man verwendet hierzu Sandstein, Marmor, Porphyr, Granit, Kalkstein, Schiefer 2c., je nachdem die betreffende Steinart in der Nähe des Verwendungsortes sich vorfindet. Die Steine werden alsdann in Form von Platten meist quadratisch, sechs- oder achteckig genau fugenrecht bearbeitet und in einem Mörtel von Kalk oder Cement versetzt, oder man versetzt sie auch wol in Sand und gießt die Fugen mit einem gut bindenden Gußmörtel aus. Man unterscheidet rauhe Platten, bei welchen die Oberfläche die natürliche Spaltfläche zeigt, und geschliffene, bei welchen die Oberfläche genau eben bearbeitet und geschliffen ist.

Fig. 232.



Die rauhen Platten werden gewöhnlich zum Belegen von Magazinen, Kellern und Gängen verwendet, wo es mehr auf die Festigkeit des Bodens als auf eine vollkommen ebene Fläche desselben ankommt, wogegen die geschliffenen Platten für bessere Fußböden in Vorplätzen, Gängen, Küchen 2c. Anwendung finden. Bei der Anlage von Plattenbelegen ist auf eine möglichste Verwechselung der Stoßfugen Rücksicht zu nehmen und besonders darauf zu sehen, daß die zur Verwendung kommenden Platten eine gleichmäßige Härte haben, damit sich der Boden nicht ungleichmäßig abnutzt. — Beim Verlegen in Sand ist es geboten, den Grund vorher tüchtig einzustampfen, damit die Platten eine gleichmäßig feste Unterlage haben. —

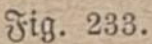
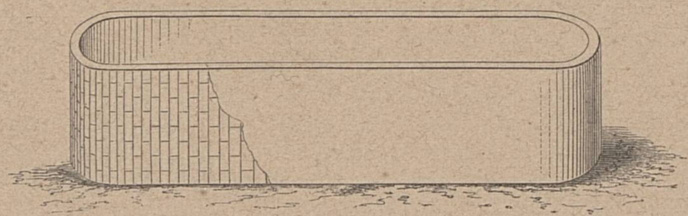


Fig. 233.



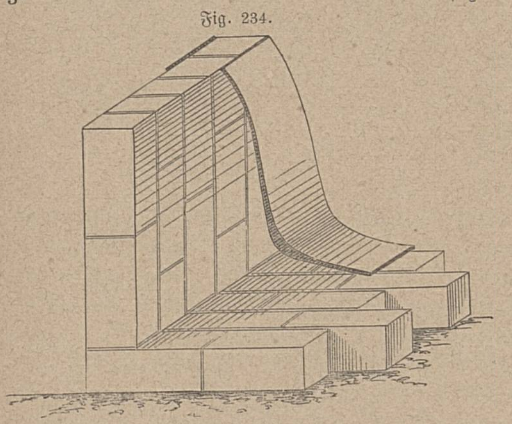
Im Handel kommen die Fußbodenplatten von natürlichen Steinen gewöhnlich in bestimmten Größen vor, und man hat sich bei Anordnung eines Plattenbeleges für einen vorliegenden Fall mit der Eintheilung des Fußbodens hiernach zu richten Durch Einlegen von Frießen an den Wänden lassen sich alsdann etwaige Maßverschiedenheiten ausgleichen.

In Fig. 241 bis 246 haben wir einige einfache Muster von

Fußbodenbelegen aus natürlichen Steinplatten dargestellt, und zwar giebt Fig. 241 einen Fußboden von verschieden gefärbten quadratischen Platten, welche regelmäßig mit einander abwechseln; Fig. 242 einen solchen, bei welchem die Platten in abwechselndem Verbande gelegt, und Fig. 243 einen solchen, bei welchem die verschieden gefärbten quadratischen Platten übers Kreuz gelegt sind und an den Wänden sogenannte „Zwickel" eingelegt werden müssen. Die Fig. 244, 245 und 246 geben noch weitere Beispiele von Plattenbelegen, bei welchen die Eintheilung des Bodens durch Frieße an den Wänden vermittelt wird.

Bei der Herstellung von Fußbodenbelegen aus künstlichen Steinen werden die Steine entweder einfach auf das Lager gelegt und schichtenweise im Verbande in Mörtel oder Sand versetzt, oder sie werden, um eine größere Widerstandsfähigkeit zu erzielen, auf die Hochkante gestellt — gerollt — und in Mörtel oder Sand versetzt.

Fig. 234.

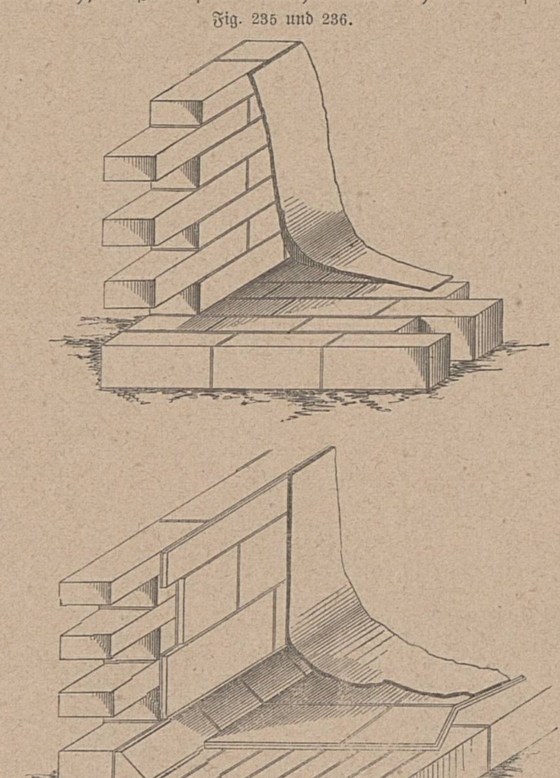


Wir haben in den Fig. 247 bis 250 vier einfache Beispiele von Fußbodenbelegen aus gebrannten Steinen dargestellt, und zwar in Fig. 247 einen Fußbodenbeleg von gewöhnlichen Backsteinen, welche in abwechselndem Verband und liegenden Schichten angeordnet sind, und in Fig. 248 einen solchen, bei welchem nur die Wandfrieße aus liegenden rothen Backsteinen bestehen und das Innere aus auf die Hochkante gestellten hellen Backsteinen hergestellt ist. Fig. 249 giebt einen Beleg aus besonders geformten und gebrannten quadratischen Platten von heller und dunkler Färbung, welche übers Kreuz gelegt und mit einem Frieß von gewöhnlichen Backsteinen umrahmt sind, und Fig. 250 endlich einen Fußboden aus gerollten hellen und dunklen Backsteinen, bei welchem die inneren Schichten im Schwalbenschwanz über einander greifen. In Fig. 251 bis 254 geben wir noch weitere Beispiele von Fußböden, welche aus gebrannten Steinen oder aus Platten von Cement oder Steinen hergestellt werden können.

Bei der Zusammensetzung reicherer Muster, welche aus verschieden großen Steinen bestehen, empfiehlt es sich immer, unter dem eigentlichen Beleg noch einen Beleg von Backsteinen anzubringen, damit die Oberfläche des Fußbodens möglichst eben hergestellt werden kann. Unter allen Umständen ist es geboten, einen doppelten Beleg herzustellen, bei welchem die Stoßfugen

je zweier Schichten sich wechselsweise überbinden, wenn ein Boden keine Flüssigkeiten durchlassen oder dem Feuer widerstehen soll. Die Anwendung hohler Backsteine zu Fußbodenbelegen bietet wegen der dazwischen befindlichen Luftschichten bedeutende Vortheile gegen die Anwendung voller Steine, und wäre es wünschenswerth, daß dieselben mehr und mehr in Aufnahme kämen.

Fig. 235 und 236.



Derart belegte Böden sind bedeutend wärmer, und durch immerwährende Luftcirkulation kann man die aufsteigende Grundfeuchtigkeit unschädlich machen. Ebenso können die hohlen Steine auch vielfach zur Erwärmung des Fußbodens in Gewächshäusern, Kirchen 2c. benutzt werden, indem man sie mit den Feuerungsanlagen in Verbindung bringt.

Die Fußbodenüberzüge oder Estriche bieten gegen die Fußbodenbelege den Vortheil, daß sie bei guter Herstellung eine glatte, ebene Fläche ohne irgendwelche Fugen bilden, und eignen sich deshalb vorzugsweise für

Fußböden, welche möglichst fugendicht sein und öfters gereinigt werden müssen. Man verwendet zur Herstellung von Estrichen hauptsächlich Lehm, Gips, Asphalt, Kalk und Cement. Die Lehmestriche, vorzugsweise für Scheuertennen, Kegelbahnen und Futterböden, in ärmeren Gegenden wol auch für Zimmerböden angewendet, werden aus fettem, grubenfeuchtem Lehm in 7 bis 8 cm dicken Lagen nach und nach fest eingestampft und durch Tränken mit Theergalle oder Ochsenblut gefestigt. Für Scheuertennen empfiehlt sich eine Dicke des Estrichs von 25 cm, für Zimmerböden von 8 bis 12 cm. Für Kegelbahnen ist es vielfach gebräuchlich, Hammerschlag unter den Lehm zu mischen oder den vorher getränkten Estrich damit zu überstreuen.

Fig. 237 und 238.

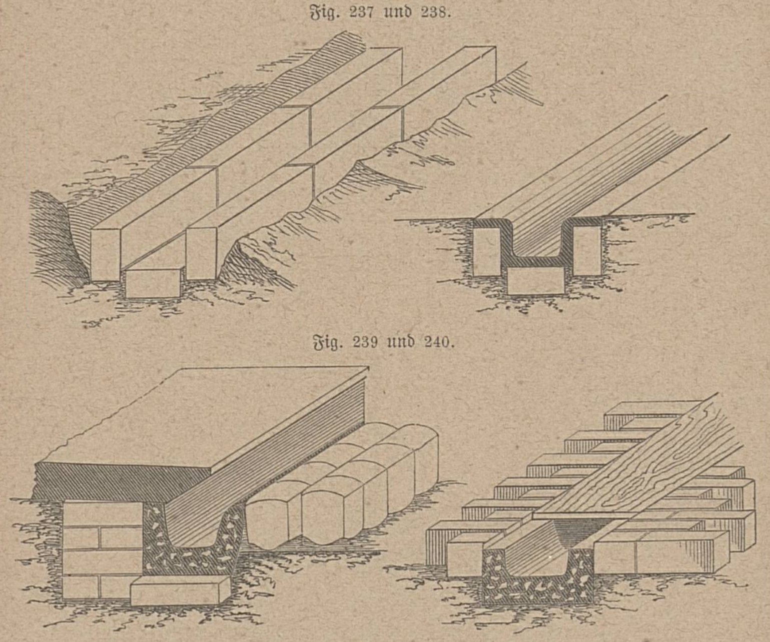
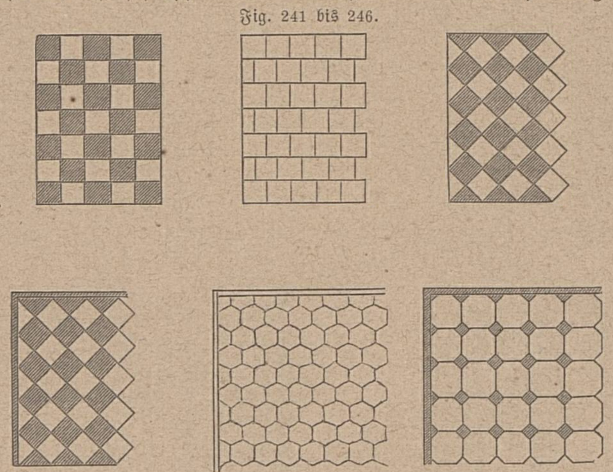


Fig. 239 und 240.

Gipsestriche werden hauptsächlich in den Gegenden ausgeführt, wo der Gips häufiger vorkommt, und finden Anwendung für Haus- und Kornböden wie auch für Zimmerböden, geben aber immer eine kalte Unterlage. Sie sind nur an trockenen Orten über Gewölben und Balkenlagen anwendbar und müssen auf einer Unterlage von ganz trockenem Sande ausgegossen werden. Die Dicke der Gipsestriche ist zwischen 2 und 4 cm anzunehmen und werden dieselben zwischen Lehren bahnenweise gegossen, abgestrichen, ein bis zwei Tage nach dem Gusse mit Schlägern festgeschlagen und alsdann mit einer Kelle geglättet. Da sich der Gipsbrei beim Erstarren ausdehnt, so muß man bei Anfertigung des Estrichs darauf bedacht sein, daß ringsum

an den Wänden ein Spielraum von 3 bis 5 cm Breite verbleibt. Man legt deshalb ringsum Bretstreifen von dieser Breite ein, welche zugleich als Lehren für die einzugießende Gipsmasse dienen, und kann dieselben kurze Zeit nach dem Gusse wieder herausnehmen. Nachdem der Gips vollständig erstarrt ist, werden alsdann die noch übrigen Aussparungen an den Wänden ausgegossen. In derselben Weise werden auch die gemusterten Gipsestriche hergestellt, indem man die durch Erdfarben zu färbenden Muster durch entsprechend geformte Bretstücke, sogenannte „Schablonen", ausspart, welche die Dicke des Estrichs erhalten. Sobald der ausgegossene Gips nur einigermaßen erstarrt, also fest ist, werden die Schablonen wieder herausgenommen.

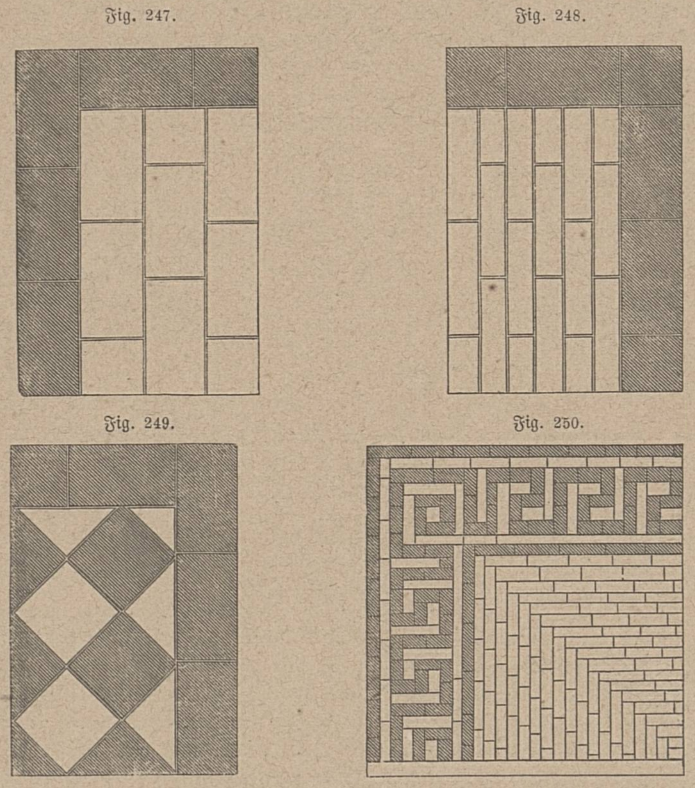
Fig. 241 bis 246.



Dann gießt man die Muster mit gefärbtem Gips aus, damit der ganze Estrich zugleich festgeschlagen werden kann. Derartige Estriche werden abgehobelt oder abgeschliffen, wol auch polirt und mit Leinöl getränkt. Die Estriche von Asphalt werden entweder über einem Beleg von Backsteinen, oder über einem solchen von rauhen Steinplatten in Sand, mit offenen Fugen verlegt, oder aber über 10 bis 25 cm starker Bétonlage angefertigt. Man gießt unmittelbar auf diesen Beleg den geschmolzenen Asphalt, mit 4 Theilen scharfem Sand vermischt, zwischen Lehren 1 bis 3 cm dick bahnenweise aus und ebnet denselben mit einem Richtscheit. Der so gefertigte Estrich erstarrt sehr rasch und widersteht der Nässe, wird aber bei starker Hitze wieder weich und sollte deshalb an der Sonne sehr ausgesetzten Orten vermieden werden. Dagegen gewährt der Asphaltestrich den Vortheil, daß man ihn sehr rasch repariren und wieder begehen, und daß man einen alten Estrich wegnehmen, die Masse einschmelzen und wieder benutzen kann.

Die Mörtelestriche werden in ähnlicher Weise wie die vorhergehenden aus gutem hydraulischen Kalk- oder Cementmörtel über einer festen

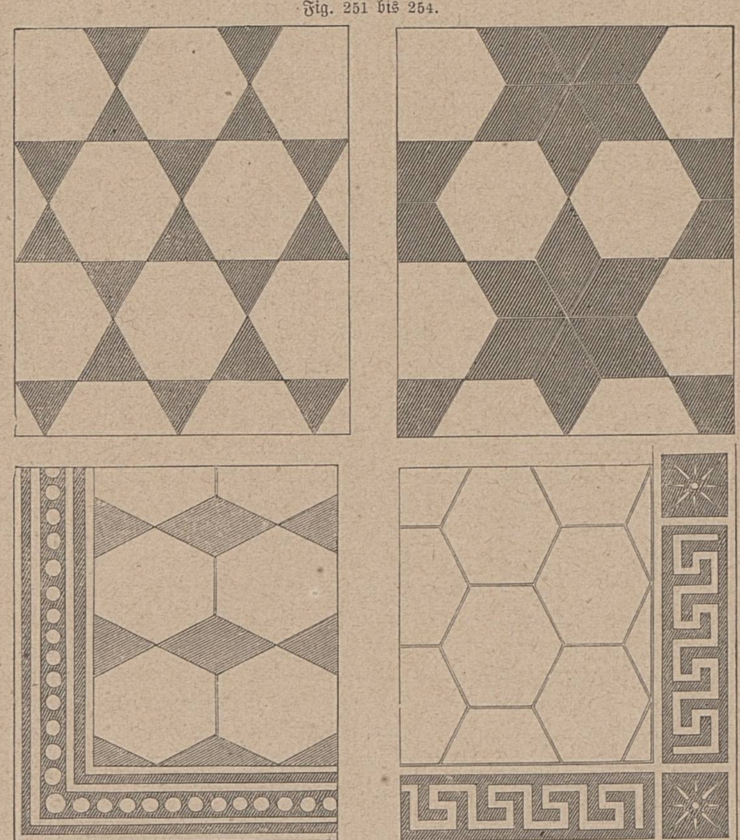
Unterlage von Béton oder Backsteinbeleg hergestellt und eignen sich besonders zur Anlage von Fußwegen, Kegelbahnen, Perrons, Fußböden in Baderäumen, Brauereien zc., da sie den Einwirkungen der Nässe und Witterung gleich gut widerstehen. Aus diesem Grunde und der Leichtigkeit und Billigkeit ihrer Ausführung wegen werden jetzt Cementestriche am meisten angewandt.


Fig. 247. Fig. 248. Fig. 249. Fig. 250.

Vor Herstellung des Estrichs selbst muß die Unterlage (Bétonschicht von 12 bis 25 cm Stärke oder Beleg, für stärkere Böden Rollpflaster von Backsteinen) genau eben gefertigt, vom Staub und Schmuz sorgfältig gereinigt und tüchtig angenäßt werden, und es wird alsdann die Mörtelmasse, welche aus Cement mit einem Zusatz von 1, 2, wol auch 3 Theilen ganz reinen, scharfkörnigen Sandes (Fluß- oder Bachsand) besteht, mit der Kelle aufgetragen, gleichmäßig vertheilt und mit dem Reibebrete gehörig verrieben. Sind größere Flächen herzustellen, so geschieht die Anfertigung in mehr oder weniger großen Streifen nach Richtscheit und Wage, und es sind alsdann die Verbindungsstellen sorgfältig zu verreiben.

Nach Anfertigung des Estrichs soll derselbe bis zum völligen Erhärten fleißig mit Wasser begossen und vor scharfer Zugluft und heftiger Sonnenhitze möglichst geschützt werden, damit die Erhärtung allmählich und gleichmäßig vor sich geht. Der größeren Sauberkeit und des hübscheren Aussehens wegen werden die Cementestriche in vielen Fällen noch geglättet.

Fig. 251 bis 254.



Es geschieht dies, sobald der aufgetragene Cementmörtel gehörig verrieben ist und zu binden anfängt, indem man die Fläche mittels eines Glätteisens, welches in gerader Richtung hin und her bewegt wird, so lange abschleift, bis dieselbe ganz glatt, wie geschliffen, erscheint. Während des Glättens wird die Oberfläche des Estrichs mit einem dünnen Cementbrei mittels des Maurerpinsels angefeuchtet. Wie bei den Gipsestrichen, so kann man auch hier durch Einlegen von Schablonen und Ausgießen der

ausgesparten Stellen mit gefärbtem Cementmörtel gemusterte Cementestriche herstellen.

Ein sehr dauerhaftes Material zu Estrichen bietet endlich der sogenannte Kreye'sche Oelcement, welcher aus Chamottemehl, Silber- oder Bleiglätte und Leinöl zusammengesetzt ist, und bei dessen Verwendung die zu überziehenden Flächen vorher sorgfältig vom Staub gereinigt und mit heißem Leinöl getränkt werden müssen. Da dieses Material eine außerordentliche Härte erlangt, so genügt eine Stärke des Ueberzugs von $^1/_2$ bis $1^1/_2$ cm; die Unterlage muß sehr solid hergestellt und vollkommen ausgetrocknet sein. Seine Zusammensetzung ist: 50 kg Chamottemehl und $4^1/_2$ kg Silberglätte in fein pulverisirtem Zustande innig gemengt und auf 50 kg dieser Masse $11^1/_2$ l Leinöl. Das Auftragen der Masse geschieht mittels der Kelle bahnenweise zwischen eingeölten Lehren, und es wird dieselbe dann mit einem Richtscheit geebnet, mit dem Reibebret verrieben und zuletzt abgeglättet.

Der in Italien angewendete venetianische Estrich ist ein marmorirter Mörtelestrich, dessen Anfertigungsweise wir kurz anführen wollen.

Zur Unterlage dieses Estrichs wird vorerst eine 10 bis 15 cm hohe Bétonlage, aus $5^1/_2$ Theilen grobzerstoßenen Ziegelbrocken mit 1 Theil gelöschtem Kalk bestehend, ausgebreitet, mit der Hacke geebnet und einige Tage lang mit einem Eisen geschlagen, bis sie keine Eindrücke mehr annimmt. Darüber wird alsdann eine zweite Bétonlage, aus kleineren Ziegelbrocken bestehend, 5 cm dick aufgebracht und in derselben Weise behandelt. Ueber dieser wird endlich, aus gleichen Theilen Ziegelmehl und gelöschtem Kalk bestehend, mit der Kelle 1 bis 4 cm dick die letzte Schicht aufgetragen, auf welche alsdann die „Saat" (kleinere und größere Marmorstückchen) ausgestreut und mit einem Holzschlägel und danach mit einer Steinwalze eingedrückt wird. Während 10 bis 12 Tagen wird der Estrich vorsichtig mit dem Schlageisen geschlagen und dadurch zu einer kompakten Masse gefestigt. Alsdann schleift man denselben mit gröberen und dann feineren Sandsteinen ab, wobei die eingesäeten Steine in der Fläche erscheinen, und polirt ihn, nachdem er vollständig erhärtet ist, mit Sand und Bimsstein. Zur Erhaltung des Glanzes wird zuletzt die Oberfläche mit Leinöl eingerieben.

Indem wir hiermit unsere Betrachtung über „die Cementarbeiten und steinernen Fußböden" schließen, welche dem beschränkten Umfange unseres Werkchens angepaßt werden mußte, sprechen wir die Hoffnung aus, daß es uns gelungen sein möchte, dem denkenden Maurer die Anregung zu weiterer passender Anordnung für vorkommende Fälle gegeben zu haben.

Elfter Abschnitt.

Von den Feuerungsanlagen.

Bei jeder Feuerungsanlage dienen die verschiedenen Bestandtheile derselben dazu, durch die Verbrennung von geeigneten Brennstoffen Hitze zu entwickeln und diese auf die zu erhitzenden Theile zu übertragen. Die Verbrennung selbst kann ohne den in der atmosphärischen Luft enthaltenen Sauerstoff, durch welchen eine chemische Zersetzung des Brennstoffes bewirkt wird, nicht erfolgen. Da nun eine ihres Sauerstoffs beraubte Luft nicht mehr fähig ist, die Verbrennung weiter zu unterhalten, so ist eine beständige Lufterneuerung im Heizraum sowie die Abführung der durch die Verbrennung entstandenen gas- und dampfförmigen Produkte aus demselben das erste Erforderniß bei jeder Feuerungsanlage. Geht die Verbrennung unvollständig von statten, so entweichen die feinen Kohlentheilchen in Verbindung mit den bei dem Verbrennungsprozeß sich entwickelnden gas- und dampfförmigen Stoffen aus dem zu deren Abführung angebrachten Theile der Feuerungsanlage, dem Schornstein, und bilden den Rauch. Je weniger Rauch hiernach aus dem Schornsteine entweicht, um so vollkommener entspricht die Feuerungsanlage in Bezug auf die Verbrennung ihrem Zwecke. Der in dem Rauch enthaltene Kohlenstoff, verbunden mit Holzsäure, Ammoniak, Theer und brenzlichem Oel, verdichtet sich und bildet als Niederschlag an den kalten Umfangswänden den Ruß der Schornsteine. Man unterscheidet Glanzruß und Flugruß, und versteht unter dem erstern den aus den genannten Stoffen je nach der Beschaffenheit der Brennstoffe verschieden zusammengesetzten kleberigen Ueberzug der Wände, während man unter dem letztern die aus den durch den Luftzug fortgeführten lockeren und meist erdigen Bestandtheilen des Rauches sich bildenden Niederschläge versteht, welche keinen Ueberzug der Wände bilden, sondern sich bei vermindertem Luftzuge von dem Rauche trennen und beim Niederfallen als lockere Masse sich an den Umfangswänden ansetzen oder die Züge verengen.

Nicht alle Luft, welche dem Heizraum zugeführt wird, kommt wirklich zur Verbrennung. Da nun die im Uebermaß zugeführte Luft den Feuerraum erkältet und infolge dessen nicht blos den Effekt auf die zu erhitzenden Flächen, sondern auch den zur raschen Verbrennung durchaus erforderlichen Luftzug mindert, so ergiebt sich daraus, wie wichtig es ist, die Menge der dem Heizraume zuströmenden Luft in ein richtiges Verhältniß zu der möglichst vollkommen zu verbrennenden Masse von Brennstoff zu bringen. Die Menge der Luft, welche nicht zur Verbrennung gelangt, hängt besonders von der Beschaffenheit des Brennmateriales ab. In der Regel ist sie um so größer, je schwieriger das Brennmaterial zu entzünden ist, und je unvollkommener

dasselbe die durchbrochene Fläche der Unterlage, den Rost, deckt. Bei Holzbrand entweicht eine größere Menge von Luft unbenutzt als bei Steinkohlenbrand, und bei Kohksbrand findet der größte Verlust statt, weil Kohks sich schwieriger als andere Brennstoffe entzünden lassen. Daß außer der Beschaffenheit der Brennstoffe auch das Nachschüren von Einfluß auf die unbenutzt entweichende Luftmenge ist, sei hier nur nebenbei erwähnt.

Betrachten wir die Feuerungsanlagen im Allgemeinen, so finden wir als wesentliche Bestandtheile:

a. den Rost,
b. den Aschenraum,
c. den Feuerraum,
d. die Zugkanäle und
e. den Schornstein.

a. **Der Rost.** Wir verstehen unter dem Roste einer Feuerung diejenige Fläche im Heizraum, welche dem Brennstoffe zur festen Unterlage dient, zugleich aber auch durch darin angebrachte Spalten oder Schlitze dem Zwecke entspricht, der zum Verbrennen des Brennstoffes erforderlichen Menge atmosphärischer Luft ungehinderten Zutritt zu verschaffen.

Da von der richtigen Zuführung der Luft der möglichst vollkommene Verbrennungsprozeß abhängt, so darf bei keiner Feuerung, mit welcher der größte Nutzeffekt in der kürzesten Zeit erreicht werden soll, der Rost fehlen. Es ist eine irrige Meinung, daß durch langsames Verbrennen an Brennstoff gespart werden könne. Je lebhafter der Brennstoff verbrennt, um so größer ist der Nutzeffekt; nur muß darauf gesehen werden, daß die einmal erzeugte Hitze nicht ungenützt durch den Schornstein entweicht.

Die Form der Rostfläche richtet sich, da in der Regel vom Roste aus die Hitze auf die zu erhitzenden Flächen gleichmäßig wirken soll, nach der Form des Feuerraumes und der von dem Feuerraum aus zu erhitzenden Flächen und Gefäße. Sie ist demnach rund oder viereckig. Die Größe des Rostes wird bedingt durch die Größe der Feuerungsanlage, die Menge und die Beschaffenheit des angewendeten Brennstoffes und durch den Zug, welchen eine Feuerung zur Erzielung des vorgesetzten Nutzeffektes erfordert. Nach den bei Steinkohlenfeuerung gemachten Erfahrungen wird als Regel angenommen, dem Roste den vierten Theil des horizontalen Querschnittes von dem unmittelbar durch ausstrahlende Hitze vom Roste aus zu erhitzenden Raume oder Gefäße zu geben, wobei die um das Gefäß ziehenden Kanäle nicht mitgerechnet werden. Die Spalten oder Schlitze des Rostes sollen $^1/_4$ der Rostfläche betragen. Der Gewerbverein in Mühlhausen empfiehlt für Dampferzeugungsapparate als Regel, dem Roste für jede in einer Stunde zu verbrennenden 50 kg Steinkohlen eine Oberfläche von 1 qm zu geben, und davon $^1/_4$ für die Rostschlitze, welche durchschnittlich $12^1/_2$ mm weit angenommen werden, zu nehmen.

Roste für Holzfeuerung sind ausreichend groß, wenn deren Oberfläche

$^1/_3$ von der oben angeführten Größe eines Steinkohlenrostes, also im Durchschnitt $^1/_{12}$ der horizontalen Querschnittfläche des unmittelbar zu erhitzenden Gefäßes, beträgt. Der durch seine zweckmäßig konstruirten Branntwein-Brennapparate rühmlich bekannte Pyrotechniker Schwarz giebt in seinen „Grundzügen zur Herrichtung vortheilhafter Kesselfeueranlagen" die Regel an, bei einer Kesselfeuerung mit Holz für je 1,56 qm Heizungsfläche, wozu er außer dem Boden noch die Heizfläche des untern Zugkanales rechnet, eine Rostfläche von 0,36 qm anzunehmen und nach diesem Verhältniß die Dimensionen für Feuerungen mit anderen Brennstoffen zu berechnen. Da nun 1 kg lufttrockenes Holz durchschnittlich 4585 l atmosphärische Luft, 1 kg Steinkohle aber 7438 l atmosphärische Luft zum vollkommenen Verbrennen bedarf, so würde nach der Annahme von Schwarz die Rostfläche für Steinkohlenfeuerungen noch nicht das Doppelte der Rostfläche für Holzfeuerungen betragen. Nimmt man, wie bereits erwähnt, in der Regel die Zwischenräume zwischen den Roststäben durchschnittlich zu $12^1/_2$ mm an, so kann unter Umständen ein engeres oder weiteres Legen der Roststäbe geboten sein. Wo ein lebhaftes Flammfeuer wirken soll, und bei allen großen Feuerungen, wo der lebhafte Zug der Feuerung höher angeschlagen wird, als der Verlust an Brennmaterial durch das Durchfallen kleiner Kohlen, wird die Entfernung der Roststäbe bis auf 25 mm vermehrt.

Bei Rosten von kleinen Dimensionen genügt für Holzfeuerung eine Breite der Rostschlitze von 7 mm. Der Rost ist bei kleinen Feuerungen aus einem Stücke gegossen, bei größeren Feuerungen besteht er aus einzelnen neben einander gelegten Stäben aus Schmiedeisen oder Gußeisen. Damit die Rostschlitze nicht durch Asche oder andere Abgänge des Brennstoffes verlegt werden, erhalten sie nach unten eine Erweiterung.

Die gußeisernen Roststäbe, welche an ihren Enden auf schmiedeiserne Stäbe so gelegt werden, daß sie mit Leichtigkeit herausgenommen werden können, erhalten an beiden Enden vierkantige Verstärkungen, Köpfe, welche beim Einlegen der Stäbe an einander stoßen und dadurch die zum Durchströmen der Luft erforderlichen Schlitze frei und in gleicher Weite erhalten. Stäbe von gleicher Stärke werfen sich infolge der ungleichen Ausdehnung des in der Mitte am stärksten erhitzten Eisens nach oben. Diesem Werfen zu begegnen und um zugleich die Tragfähigkeit der Stäbe zu vermehren, erhalten sie unten eine fischbauchartige Verstärkung. Zum Schutze gegen die unmittelbare Einwirkung des Feuers versieht man die Roststäbe großer Feuerungen an der dem Feuer zugewendeten obern Fläche mit einer Rinne, welche sich mit Asche anfüllt und so den Stab vor zu großer Erhitzung sichert. Aus der perspektivischen Ansicht eines aus einzelnen Stäben zusammengesetzten Rostes, Fig. 255, sowie aus dem Querschnitte dieses Rostes in der Mitte der Fischbauchstäbe, Fig. 256, wird das darüber Gesagte seine hinlängliche Erläuterung finden.

b. **Der Aschenraum.** Unter dem Roste muß ein Raum zur Aufnahme

der durch die Rostschlitze fallenden Asche und der unverbrannten Abgänge des Brennstoffes sich befinden. Die Größe dieses Aschenraumes muß im horizontalen Querschnitte der Größe der Rostfläche entsprechen. Die Höhe desselben muß so viel betragen, daß über dem Raume, welcher zur Aufnahme der Asche bestimmt ist, noch so viel freier Raum bleibt, daß die zur Ernährung des Feuers erforderliche Luftmenge ungehindert vom Aschenraume aus durch die Rostschlitze in den Feuerraum einströmen kann. Der Aschenraum muß durch eine Thür von Eisenblech oder Gußeisen abgeschlossen sein, in welcher in der Regel die zum Einströmen der Luft erforderliche Oeffnung angebracht wird. Zur Regulirung des Luftzuges wird die an der Aschenthür angebrachte Oeffnung mit einer Klappe oder mit einem Schieber versehen. Die Oeffnung an der Aschenthür ist jedoch nur dann erforderlich, wenn die zur Unterhaltung des Feuers nöthige Luft aus dem Raume zugeführt werden muß, in welchem die Feuerungsanlage sich befindet. Gestattet es die Lokalität, den Aschenraum mit einem Kanale in Verbindung zu bringen, in welchen die atmosphärische Luft außerhalb des Gebäudes oder von einem andern Raume aus einströmt und dem Roste zugeführt wird, so bleibt die Aschenthür ohne Einschnitt, und es wird zur Regulirung des durch besagten Kanal stattfindenden Luftzuges an diesem Kanal selbst die erforderliche Vorrichtung angebracht, welche dann am besten aus einem Schieber besteht. Diese Einrichtung ist sehr zu empfehlen und bietet für offene Schornsteine das sicherste Mittel dar, dem Zurücktreten des Rauches vorzubeugen, welches in geschlossenen Lokalitäten häufig dadurch entsteht, daß, wenn zur Ersetzung der durch Verbrennung verwendeten Luftmenge die in dem Lokale enthaltene Luft nicht mehr ausreicht, die kalte Luft durch den offenen Schornstein abwärts eindringt und, mit dem Rauche gemischt, dem Roste zuströmt. Ein weiterer Nutzen der Zuführung kalter Luft von außerhalb besteht darin, daß der Zug der Feuerung, welcher um so lebhafter ist, je kälter die Luft dem Roste zugeführt wird, ganz unabhängig ist von der durch die Feuerungsanlage bewirkten Erwärmung des Lokals.

c. **Der Feuerraum.** Der Feuerraum, auch Feuerkammer genannt, erhält eine der Bestimmung der Feuerungsanlage entsprechende Form, welche zumeist schon durch die Form des Rostes bedingt ist. Bei Kessel- und Herdfeuerungen muß die Hitze hauptsächlich auf den Kesselboden oder die Herdplatten wirken. Hiernach muß sich der Feuerraum von dem Roste aus nach der zu erhitzenden Fläche so erweitern, daß die Flamme sich in dem Feuerraum vollständig entwickeln und auf die möglichst vollkommene Erhitzung der Bodenfläche wirken kann, bevor sie in die Zugkanäle eintritt. Die Rostfläche, an welche sich der Herd des Feuerraumes anschließt, wird von den zu erhitzenden Flächen in solcher Entfernung angelegt, wie es der Größe der Feuerungsanlage und der Beschaffenheit der Brennmaterialien nach obiger Anforderung angemessen ist. Die Höhe des Feuerraumes vom Roste bis zu der zu erhitzenden Fläche beträgt bei Steinkohlenfeuerung für Herde und

kleinere Kessel von $17\frac{1}{2}$ bis zu 25 cm, bei großen Kesselfeuerungen von 25 bis 40 cm, und kann sogar bei großen Feuerungen, wo zur Vermeidung von Störungen im Zuge durch öfteres Nachschüren große Quantitäten Steinkohlen oder Torf auf einmal eingebracht werden, bis zu der Höhe von 60 cm gesteigert werden. Bei Holzfeuerung, wo die Stichflamme höher ist, wird der Rost, je nach der Größe der Feuerung und nach der zu erreichenden Lebhaftigkeit des Zuges, von 40 bis 60 cm von der zu erhitzenden Fläche angelegt. Für große Kesselfeuerungen giebt Schwarz die Höhe des Feuerraumes über einem Holzroste sogar auf 90 cm an.

Bei Holzfeuerung liegt der Rost in einer Ebene mit dem Herde des Feuerraumes, wogegen er für Steinkohlen- und Torfbrand in einem besondern, nach oben sich erweiternden vertieften Raume angebracht wird, damit das Brennmaterial den Rost vollständig decken und so das Durchströmen der kalten Luft, welche den Brennstoff nicht trifft, verhindern kann. Der Feuerraum muß gegen Erkältung geschützt werden. Außer einer starken Ummauerung, welche die ganze Feuerungsanlage umschließt, ist es zweckmäßig, den Raum zwischen dem meist aus Rollschichten bestehenden Herde des Feuerraumes und zwischen der äußern Ummauerung nicht aus kompaktem Mauerwerk, sondern aus einer Ausfüllung von lockeren Stoffen, welche schlechte Wärmeleiter sind, wie Asche, Bauschutt 2c., bestehen zu lassen.

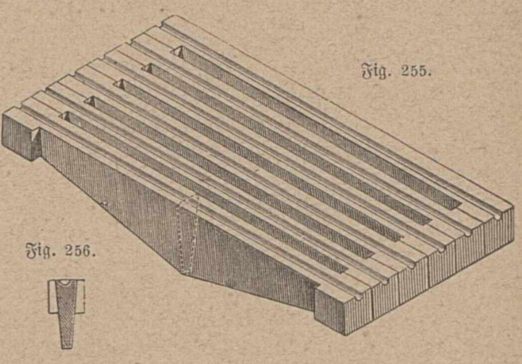


Fig. 255.

Fig. 256.

d. **Die Zugkanäle oder Feuerzüge**, welche den Zweck haben, die aus dem Feuerraume abgehende Hitze auf die Umfangswände der Kessel oder anderer zu erhitzender Gefäße oder Räume zu übertragen, müssen in Bezug auf ihre Weite in richtigem Verhältniß stehen zu den Rostöffnungen, durch welche die kalte Luft in den Feuerraum eindringt. Wenn nun auch die in dem Feuerraume erhitzte Luft sich mit größerer Geschwindigkeit erhebt und durch den mit dem Feuerraume in Verbindung stehenden Schornstein entweicht, als die kalte in denselben eintritt, so dürfen doch die Feuerkanäle wegen der an den Umfangswänden stattfindenden Reibung und wegen des durch die Erkältung der Wände sich ansetzenden Rußes nicht enger sein, als daß der Querschnitt derselben mindestens gleich ist der Fläche der Rostschlitze. Je weiter die Zugkanäle geführt werden, um so größer muß deren Querschnitt sein, und es kann die Weite derselben durchschnittlich zwischen $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{2}$ der ganzen Rostfläche angenommen werden. Zur möglichsten Benutzung der Hitze

werden die Kanäle so oft wie möglich um die zu erhitzenden Gefäße oder Wände geführt. Da nun aber die Temperatur der heißen Luft in langen Kanälen sich erniedrigt und dadurch, sowie durch die vermehrte Reibung an den Umfangswänden der Zugkanäle, ein langsamerer Abzug zum Schornsteine veranlaßt wird, so dürfen die Zugkanäle nie so weit geführt werden, daß für die Feuerung der Nachtheil des schwachen Zuges eintreten kann. Werden von dem Feuerraume aus mehrere Zugkanäle angelegt, so verlangt es die größte Aufmerksamkeit des Maurers, den getrennten Kanälen einen gleichen Zug zu geben. Denn da erfahrungsmäßig die von dem Feuerraume aufsteigende Hitze immer den Weg einschlägt, welcher sie am kürzesten und leichtesten dem Schornstein zuführt, so werden getrennte Züge von ungleicher Länge, oder bei gleicher Länge von ungleicher Weite, jederzeit ungleich von dem Feuer bestrichen werden. Mit der geringsten Abweichung getrennter Kanäle, sei es in deren Länge, Weite oder Steigung, ist immer eine Abweichung im Zuge verbunden. Getrennte Kanäle müssen aus diesem Grunde immer mit einer Vorrichtung zum Reguliren des Zuges versehen werden. Zum Reinigen der Zugkanäle sind an allen Stellen, wo Ruß oder Flugasche sich ansammeln kann, Oeffnungen anzubringen, welche entweder mit Backsteinen ausgestellt und in den Fugen verstrichen, oder vermittels Kapseln aus Eisenblech, welche in genau schließende Futterrohre gesetzt und mit Lehm, Sand oder Asche ausgefüllt sind, gut verwahrt werden. Die Seitenkanäle eines zu erhitzenden Gefäßes müssen so angelegt werden, daß nach dem Stande der darin enthaltenen Flüssigkeiten die oberen Züge, welche um die von Flüssigkeit freien Theile des Gefäßes geführt sind, abgesperrt werden können. Bei großen Kessel- oder Pfannenfeuerungen tritt zuweilen die Nothwendigkeit ein, unter dem Boden der zu erhitzenden Gefäße, also in dem Feuerraume selbst, Feuerkanäle anzulegen. In diesem Falle ist es gerathen, die Hitze aus dem Feuerraume durch einen einfachen Kanal um die Wände der Kessel oder Pfannen nach dem Schornstein zu führen.

e. **Der Schornstein.** Der zur Erneuerung oder vielmehr Ersetzung der im Heizraume zum Verbrennen des Brennstoffes verwendeten atmosphärischen Luft, gleichzeitig aber auch zur Abführung der mit dem heißen Luftstrom aus dem Heizraum entweichenden unverbrannten Theile des Brennstoffes dienende Bestandtheil einer Feuerungsanlage wird Schornstein, Schlot, zuweilen auch Kamin genannt. Der Schornstein wird nur dann seinem Zwecke entsprechen, wenn er in senkrechter Richtung sich erhebt und in ungetrennter Verbindung mit dem Feuerraum oder den Zugkanälen steht. Kann außer der bereits zur Verbrennung verwendeten heißen Luft noch kalte atmosphärische Luft in den Schornstein gelangen, so wird dadurch die warme Luftsäule erkältet und infolge dessen der Luftzug im Schornstein geschwächt.

Die erwärmte Luft entweicht um so lebhafter aus dem Schornstein, mit anderen Worten, der Zug eines Schornsteines ist um so lebhafter, je höher die Temperatur der in dem Schornstein eingeschlossenen warmen Luft

gegen die Temperatur der äußern kältern Luft ist, welche durch den Rost in den Feuerraum eindringt.

Nach genauen Versuchen verhalten sich die Geschwindigkeiten des Zuges zweier Schornsteine von gleicher Höhe und gleicher Weite wie die Quadratwurzeln der Temperaturunterschiede zwischen der äußern kalten und der in den Schornsteinen aufsteigenden warmen Luft. Hiernach wird durch eine vierfache Erhöhung der Temperatur der in den Schornstein einströmenden heißen Luft der Zug desselben nur um das Doppelte erhöht.

Die Zugkraft eines Schornsteines wird nun aber auch durch die Erhöhung desselben vermehrt, indem der Druck der äußern Luft, welche schwerer ist als die in dem Schornstein eingeschlossene, in demselben Verhältniß zunimmt, wie das Gewicht einer gleich hohen Säule kalter Luft. Die Geschwindigkeiten des Zuges zweier Schornsteine von gleicher Weite, aber verschiedener Höhe, verhalten sich bei gleichem Unterschiede der Temperatur der äußern und der in den Schornsteinen sich erhebenden Luft wie die Quadratwurzeln aus den verschiedenen Höhen. Der Zug eines 16 m hohen Schornsteines würde sich hiernach zu dem Zuge eines 25 m hohen Schornsteines verhalten wie 4 zu 5.

Die Erhöhung der Schornsteine kann aber unter Umständen die entgegengesetzte Wirkung hervorbringen, wenn durch die Umfangswände die Luftsäule erkaltet und wegen vermehrter Reibung zugleich am Aufsteigen gehindert wird. Es müssen deshalb die geeigneten Mittel angewendet werden, der Erkältung der in dem Schornstein sich erhebenden Luftsäule vorzubeugen und die Bewegung derselben so wenig wie möglich zu hindern. Es werden daher die Schornsteine aus Backsteinen aufgeführt, welche an sich schon als schlechte Wärmeleiter vor Erkältung schützen, und wo bei großen Feuerungsanlagen die Schornsteine in bedeutender Höhe freistehend aufgeführt werden müssen, erhalten sie doppelte Umfangsmauern mit hohlen, den inneren Schacht umgebenden Räumen, welche gegen den Zutritt der Luft, sowol von außen als auch von dem innern Schlote aus, verwahrt werden und entweder nur mit Luft, als dem schlechtesten Wärmeleiter, oder mit anderen die Wärme schlecht leitenden Körpern, wie Asche 2c., angefüllt sind. Zur Verminderung der Reibung, durch welche die Geschwindigkeit des Luftzuges so sehr beeinträchtigt wird, trägt das senkrechte Aufführen der Schornsteine ohne Biegungen und Unregelmäßigkeiten nicht weniger bei, als eine möglichst glatte innere Fläche derselben. Der Widerstand durch Reibung ist nach der Beschaffenheit des Materials der Umfangswände verschieden, nimmt aber unter allen Umständen mit der Höhe der Schornsteine zu. Gemauerte Schornsteine sind deshalb im Innern sorgfältig zu verputzen und zu glätten.

Die Weite des Schornsteines für geschlossene Feuerung richtet sich einestheils nach der Größe des Rostes und anderntheils nach der Lebhaftigkeit des beabsichtigten Zuges. Bei Schornsteinen in Wohngebänden, welche zur Abführung des Rauches von Oefen dienen, giebt man den Schornsteinen die

doppelte Querschnittfläche der einmündenden Ofenrohre. Bei größeren Anlagen und sehr hohen Schornsteinen wird in der Regel dem Schornstein im Querschnitt die vierfache Fläche der Oeffnungen gegeben, durch welche die Luft in den Feuerraum einströmt. Besteigbare Schornsteine, welche vom Schornsteinfeger befahren werden, müssen im Querschnitt rechteckig sein und erhalten die zum Befahren erforderliche, meist gesetzlich vorgeschriebene Weite. Unbesteigbare Schornsteine, deren Reinigung vermittels Besen oder einer Bürste erfolgt, werden im Querschnitte am zweckmäßigsten kreisrund und von solcher Weite angelegt, daß sie im Stande sind, den Rauch sämmtlicher in dieselben einmündenden Feuerungen aufzunehmen. Erfahrungsgemäß genügt eine Lichtenweite von 17 $^1/_2$ cm für einen engen, sogenannten russischen Schornstein, in welchen die Rauchröhren von 3 Oefen einmünden. Münden mehrere Oefen ein, so muß die Weite bis auf 25 cm vergrößert werden. Das Einmünden mehrerer Röhren in einen Schornstein veranlaßt in der Regel Störungen im Zuge der Schornsteine, und nicht selten tritt der Rauch aus den Schornsteinen in die Röhren von Oefen, welche nicht gefeuert werden, zurück. Es sollte deshalb für jedes der einzelnen Stockwerke ein besonderer Schornstein angelegt werden, in welchen die dem betreffenden Stockwerke zugehörigen Ofenröhren einmünden.

Da die besteigbaren Schornsteine sowol zur Abführung des Rauches von Herden, Kasserollen ꝛc. als auch zur Entfernung der beim Kochen erzeugten Dämpfe dienen, so werden sie in der Regel in jedem Stockwerke, in welchem eine Küche sich befindet, besonders, und zwar erst von der Decke anfangend, angelegt und neben dem Schornsteine des darunter befindlichen Stockwerkes aufgeführt. Das noch an vielen Orten übliche Aufsatteln der Schornsteine, wobei die Umfangsmauern auf den Balken unmittelbar angelegt und über die Auswechselung der Oeffnung so weit nach innen vorgeschossen werden, daß vor die Hölzer gestellte Backsteine angeblendet und mit Kreuznägeln befestigt werden können, muß als ein durchaus verwerfliches Verfahren, durch welches dem Entstehen von Feuersgefahr Vorschub geleistet wird, bezeichnet werden. Die Umfangsmauern besteigbarer Schornsteine müssen durch die Gebälke geführt und von den Scheidewänden aus durch vorgemauerte Träger oder untergelegte Trageisen unterstützt werden. Unbesteigbare Schornsteine sollten nie auf die Gebälke gesetzt, sondern immer von Grund aus aufgeführt werden. Wegen der starken Erhitzung der engen Schornsteine dürfen die Umfangswände derselben nicht unmittelbar an Holzwänden oder Gebälken aufgeführt, sondern sie müssen durch eine mindestens $^1/_2$ Stein starke Ummauerung von allem angrenzenden Holzwerke isolirt werden, so daß das umgebende Holzwerk mindestens 25 cm von der inneren Lichtenwand des Schornsteins entfernt liegt. Die Höhe der Schornsteine in Wohngebäuden richtet sich zunächst nach der Höhe des Gebäudes, dessen Dachfläche sie zur Abführung des Rauches überragen müssen. Nicht immer können die Schornsteine an der geeignetsten Stelle im Dachfirste hinausgeführt werden. Zur Sicherung

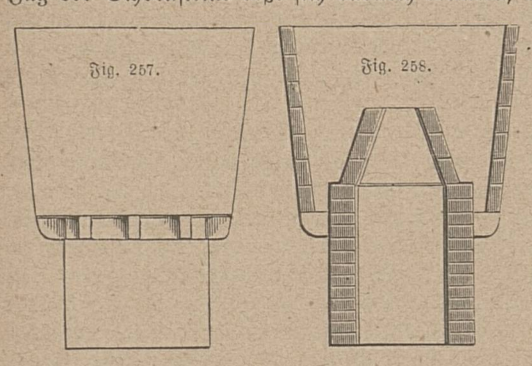
gegen die nachtheiligen Einwirkungen der am Dache abprallenden Windstöße und Sonnenstrahlen aber muß als Regel festgehalten werden, an tieferen Stellen des Daches ausmündende Schornsteine so hoch zu führen, daß sie den Dachfirst überragen. Bei unbesteigbaren Schornsteinen ist die Höhe derselben über dem Dachfirst dadurch beschränkt, daß der Schornsteinfeger von dem Dache aus die Ausmündung des Schornsteins muß erreichen können, um von hier aus seine Putzwerkzeuge einzubringen. Zur Beförderung des Zuges und der Fortführung des Rauches über das Dach hinaus kann auf den gemauerten Schornstein ein Blechrohr von der erforderlichen Weite gesetzt werden.

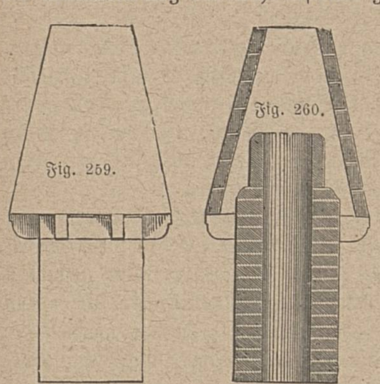
Es ist indeß nicht immer ausführbar, die Schornsteine über die Firsthöhe des Daches, oder über die Höhe von Nachbargebäuden hinauszuführen, und wir finden, zur Verhütung der nachtheiligen Einwirkung der äußeren Luftströmungen auf den Zug der Schornsteine, bei deren Ausmündung theils bewegliche, theils unbewegliche Vorrichtungen angebracht, welche unter dem Namen der Schornsteinhüte bekannt sind. Bewegliche Vorrichtungen, welche dazu dienen sollen, dem Rauche ungehinderten Abzug nach der der äußern Luftströmung entgegengesetzten Seite zu verschaffen, entsprechen wegen der oft schnell wechselnden Richtung der Luftströme ihrem Zweck sehr unvollkommen, sind sogar erfahrungsgemäß in den meisten Fällen nachtheilig. Von den unbeweglichen Schornsteinhüten werden die mit einer Decke versehenen am wenigsten zu empfehlen sein, weil die Windstöße, von der Bedeckung abprallend, die Rauchsäule zurückdrängen.

Wir müssen aus eigener Erfahrung den unbedeckten Schornsteinhüten, welche richtiger als Schornsteinmäntel bezeichnet werden, den Vorzug einräumen, und theilen in Fig. 257 und 258 einen Mantel für besteigbare Schornsteine und in Fig. 259 und 260 einen Mantel für unbesteigbare enge Schornsteine von rundem Querschnitte mit, wie wir sie mit dem besten Erfolge an niedrigen Schornsteinen ausgeführt haben.

Der aus gestellten Backsteinen gemauerte Mantel ruht auf Tragsteinen, welche in die Umfangswände des Schornsteins eingemauert sind und so weit von einander abstehen, daß sie die als Läufer der Länge nach gestellten Steine der ersten Mantelschicht an den Stoßfugen unterstützen. Ueber den Tragsteinen, wozu auf die Hochkante gestellte Backsteine dienen, werden die Umfangswände des Schornsteins um so viel höher geführt, daß diese Aufmauerung der Last des äußern Mantels das Gleichgewicht hält. Der Mantel wird bei besteigbaren Schornsteinen nach Fig. 257 und 258 nach oben erweitert, bei unbesteigbaren Schornsteinen nach Fig. 259 und 260 nach oben zusammengezogen und höher geführt als die Ummauerung der Schornsteinröhre. Innerhalb des Mantels wird der besteigbare Schornstein nach oben so zusammengezogen, daß die Weite der Röhre an der Ausmündung etwa dem Querschnitt eines unbesteigbaren Schornsteins für die auf den besteigbaren Schornstein bezügliche Feuerung entspricht. Bei dieser Verengung

der Schornsteinröhre wird der Zug des Rauches weniger durch einfallende Sonnenstrahlen gemindert, und es nimmt die Einwirkung der Winde, welche in horizontaler oder abwärts gekehrter Richtung den Rauch in den Schornstein zurückdrängen, in demselben Verhältniß ab, in welchem die Schornsteinöffnung kleiner wird. Die nachtheilige Einwirkung der Sonne auf den Zug der Schornsteine läßt sich dadurch erklären, daß entweder die Sonnenstrahlen, welche die Dachfläche stark treffen, die Luft in der Umgebung der Ausmündung allzu sehr verdünnen, wodurch es dem weniger erhitzten Rauche im Schornstein schwer wird, sich empor zu schaffen, oder daß bei hochstehender Sonne die Strahlen derselben in den Schornstein einfallen und in demselben zunächst der Mündung eine Säule stark verdünnter Luft erzeugen, welche den Rauch am Austreten verhindert. Der höher geführte Mantel schützt nun einerseits die Ausmündung des Schornsteins gegen die horizontalen und abwärts gerichteten Windströmungen und andererseits gegen die zu starke Erhitzung der Luft zunächst der Mündung, indem der durch die Oeffnungen zwischen den Tragsteinen einströmende Wind anhaltend kältere Luft zuführt und dem Rauche zugleich eine ansteigende Richtung giebt. Bewegen sich die Winde horizontal oder abwärts, so werden sie durch den erhöhten Mantel verhindert, den Rauch direkt in den Schornstein zurückzudrängen; es wird derselbe, wenn auch mit geringerer Geschwindigkeit, sich in dem Raume zwischen dem Mantel und dem Schornstein abwärts bewegen und aus den Oeffnungen zwischen den Tragsteinen nach außen entweichen. Bei sehr hohen Schornsteinen wird den nachtheiligen Einwirkungen der Sonne und der horizontalen oder abwärts gerichteten Windströme durch eine angemessene Bedeckung der Schornsteine sowie durch eine Verengerung der Austrittsöffnung derselben in den meisten Fällen ausreichend begegnet werden können. Sandstein- oder Thonplatten sind zur Bedeckung der Schornsteine geeigneter als Eisenguß- oder


Fig. 257. Fig. 258.


Fig. 259. Fig. 260.

Blechplatten, weil die letzteren eine Erhitzung der Luft über der Ausmündung der Schornsteine und dadurch eine Verminderung des Zuges bewirken.

Nach dieser allgemeinen Betrachtung der Hauptbestandtheile einer jeden Feuerungsanlage gehen wir nun zur Beschreibung derjenigen Feuerungen über, deren Herstellung dem Maurer bei der Einrichtung von Wohngebäuden sowie auch von Anlagen für den Fabrik- und Gewerbebetrieb vornehmlich überlassen ist. Wir müssen uns hierbei der möglichsten Kürze befleißigen und können nur in wenigen Beispielen dem denkenden Maurer Anregung geben zum weiteren Studium einschlägiger Fälle, da die Raumverhältnisse unseres Werkes eine weitergehende Besprechung nicht gestatten. Vielleicht ist es uns in späteren Auflagen vergönnt, diesem Abschnitte, wie wir so gern wünschten und wie er es seiner Wichtigkeit nach verdient, eine größere Ausdehnung zu geben.

Wir wollen an dieser Stelle die Beschreibung der Oefen für Zimmerheizung, der Kochherde und der einfachen Kesselfeuerungen für Wohngebäude vornehmen, und alsdann zur Betrachtung der wichtigsten Feuerungsanlagen für den Fabrik- und Gewerbebetrieb übergehen.

Oefen für Zimmerheizung gehören nur insoweit in unsere Betrachtung, als sie der Maurer aus dem Materiale, welches jede Ziegelhütte liefern kann, auszuführen im Stande ist. Die sogenannten Porzellanöfen, die in den letzten Jahrzehnten wegen der gleichmäßigen und temperirten Wärme für Zimmer, welche den ganzen Tag geheizt werden sollen, eine weitverbreitete Aufnahme in bemittelten Kreisen gefunden haben, sind für Wenigbemittelte ihrer Kostspieligkeit wegen nicht zugänglich. Da nun diesen Oefen nur das Material — der Thon — die Vorzüge einer gleichmäßigen und lange anhaltenden Erwärmung verleiht, so können die kostspieligen Kacheln der Porzellanöfen füglich durch gut geformte Backsteine ersetzt werden. Wir nehmen als bekannt an, daß die Backsteine die Hitze nicht leicht annehmen, diese aber lange zurückhalten und nur langsam an die äußere Luft abgeben. Ein gemauerter Ofen wird demnach, wenn das Anfeuern und die weitere Behandlung desselben in einer der vortheilhaften Benutzung des wärmehaltenden Materials angemessenen Weise geschieht, zur anhaltenden Erwärmung der Zimmer unter allen Umständen einem eisernen Ofen, welcher die Hitze zwar schnell abgiebt, aber auch eben so schnell erkaltet, vorzuziehen sein.

Vorausgesetzt, daß ein gemauerter Ofen vom Zimmer aus mit Holz gefeuert werde, daß derselbe am Schür- und Aschenloch vollkommen verschlossen werden kann und ebenso am obern Theile des Rauchrohres mit einer gut schließenden Klappe versehen sei, würde die Feuerung wie folgt am zweckmäßigsten zu behandeln sein. Man macht das Feuer mit klein gespaltetem trockenen Holze an, und wenn dieses nahezu abgebrannt ist, so legt man so viel Holz nach, daß der ganze Feuerraum damit angefüllt ist. Durch eine rasche Verbrennung erhält man im Feuerraume eine große Masse glühender Kohlen, welche nun in den hintern Theil des Feuerraums zusammen-

geschaufelt und gegen den Zutritt der äußern Luft durch das Schließen der unteren Oeffnungen sowol als auch der Klappe am Rauchrohre verwahrt werden. Der Ofen bildet nun einen von dem Schornstein völlig getrennten Wärmebehälter, welcher die eingeschlossene Wärme mehrere Stunden lang durch seine Umfangswände gleichmäßig ausströmt. Wird wegen der Wärmeabnahme im Zimmer ein abermaliges Anfeuern erforderlich, so öffnet man die Klappe am Rauchrohre, bringt die noch vorhandenen Kohlen aus dem hintern Theile des Feuerraumes hervor, legt einige Stücke kleingespaltetes Holz darauf, und wenn diese im Brande sind, so füllt man den Feuerraum wie beim ersten Male von Neuem. Bei sorgfältiger Behandlung genügt an nicht sehr kalten Wintertagen ein zweimaliges Anfeuern, und an den kältesten Wintertagen wird das Anfeuern höchstens dreimal wiederholt werden müssen.

In der Regel finden wir diese Oefen für Holzfeuerung ohne Rost und ohne Aschenraum. Es ist an dem untern Theile der Heizthür eine kleine Oeffnung angebracht, durch welche die Luft in den Feuerraum eintritt. Zur Regulirung des Luftzuges ist die Oeffnung mit einer Klappe oder einem Schieber versehen. Bei derartigen Oefen streicht ein Theil der einströmenden Luft über dem Brennmateriale hin, ohne zur Unterhaltung der Verbrennung beizutragen, und es wird, da diese wenig erhitzte Luft nothwendig ein Erkalten der mit dem Brennstoff in Berührung kommenden, stark erhitzten Luft bewirkt, dadurch der Nutzeffekt gemindert.

Daß bei einem Ofen ohne Rost nach abgebranntem Feuer der Feuerraum leichter und sicherer gegen das Eintreten der äußern Luft abgeschlossen werden kann, als dies bei einem Ofen mit Rost und Aschenraum der Fall ist, gereicht dem ersten zum Vortheil, und es mag darin der Grund zu suchen sein, weshalb bei den meisten Oefen für Holzfeuerung der Rost fehlt. Bei Oefen, welche mit Torf, Steinkohlen oder Braunkohlen geheizt werden sollen, ist ein Rost mit Aschenfall unbedingt nothwendig.

Der Feuerraum soll bei gemauerten Oefen nicht größer sein als nöthig ist, um das gleichzeitig darin zu verbrennende Material zu fassen. Bei Holzbrand wird der Rost in gleicher Höhe mit dem Herde eingelegt. Bei Torf- und Steinkohlenbrand erhält der Herd eine kesselförmige, unten durch den Rost begrenzte Vertiefung, in welcher das Brennmaterial kompakt liegen kann und den Rost vollständig deckt.

Die Züge der gemauerten Oefen sind entweder gerade aufsteigend und ebenso abwärts fallend oder vorzugsweise horizontal geführt. Die ersteren liegen innerhalb des Ofenkastens und bilden eine andauerndere Wärmequelle, weil sie gegen die Zimmerluft weniger Berührungsfläche haben und die Zugwände, mit Ausnahme der nach außen gekehrten Flächen, nach erfolgtem Abschluß des Ofens ganz von der erhitzten eingeschlossenen Luft umgeben sind und sonach lange die von den Außenseiten an die Zimmerluft abgegebene Hitze ersetzen können. Bei Oefen mit horizontalen Zügen lassen sich

durchgehende, mit Guß- oder Blechplatten gedeckte Nischen anbringen, welche zum schnellen Erwärmen des Zimmers wesentlich beitragen, zugleich aber auch dem anhaltenden und gleichmäßigen Erwärmen Abbruch thun. Bei Oefen mit gerade aufsteigenden Zügen müssen die abwärts fallenden Züge bis zum Feuerraum geführt werden, und es ist darauf zu sehen, daß der letzte Zug, welcher die am wenigsten heiße Luft enthält, an den ersten und heißesten Zug sich anschließe, damit der kälteste Zug von dem heißesten erwärmt werde. Die Gesammtlänge der Feuerzüge oder Heizkanäle hängt hauptsächlich von der Beschaffenheit der Brennstoffe in Bezug auf die sich beim Verbrennen entwickelnde Flamme ab. Holz giebt die längste Streichflamme, Steinkohle die kürzeste. Holzöfen werden deshalb ohne Beeinträchtigung des Zuges der Feuerung mit längeren Heizkanälen versehen werden können als Steinkohlenöfen. Aus demselben Grunde finden gerade aufsteigende und wieder abwärts fallende Züge nur bei Holzöfen ihre Anwendung, während bei Steinkohlen- oder Torföfen die Züge vorzugsweise horizontal mit aufsteigender Verbindung angelegt werden.

Die Backsteine zu Oefen müssen aus gut gereinigtem, nicht zu fettem Thon scharf geformt und vorsichtig gebrannt sein. Werden besondere Steine dazu geformt, so können sie als Platten von entsprechender Größe und für die Züge von geringerer Dicke als für den Feuerkasten angefertigt werden. Zum Vermauern nimmt man einen geschlämmten, eisenhaltigen und magern Thon. Gegen das Auseinandertreiben der nur mit Lehm unter einander verbundenen Steine kann man um den Feuerkasten einige dünne Streifen aus Messing oder Flammeisen legen und diese durch Schrauben straff anziehen. Ist der Ofen mit feinem Thon sauber verkittet, so kann er mit Milch- oder Leimfarben angestrichen und mit Malerei eben so gut verziert werden, wie dies bei Oefen aus unglasirten Kacheln üblich ist.

Als Beispiel eines gemauerten Ofens mit senkrechten Zügen geben wir in Fig. 261 bis 270 die Abbildung eines nach dem Systeme der schwedischen Oefen konstruirten Ofens, welcher sich als Holzofen sehr vortheilhaft bewährt hat. Der Feuerkasten des Ofens ist nach Fig. 261 mit liegenden Steinen gemauert, während die Heizkanäle von gestellten, 5 cm dicken Steinen ausgeführt sind. Der Rost nebst Aschenraum geht auf die halbe Länge des Feuerraumes durch. Schürloch und Aschenraum sind mit doppelten Thüren versehen.

Aus dem Feuerraume *a* steigt die Hitze durch den Kanal *b* aufwärts, geht im Kanal *c* herab bis auf die Decke des Feuerraumes, in *d* wieder aufwärts und tritt durch die obere Oeffnung *e* der Scheidewand in den hintern Kanal *f*, wird hier unter dem Luftkanal *g* her in den Kanal *h* und von diesem durch die Rauchröhre *i* in den Schornstein geleitet. Um eine Luftströmung im Zimmer nach dem Ofen hin zu erreichen und zugleich die untersten Luftschichten zu erwärmen, ist an diesem Ofen der mittlere hintere Kanal *g* als Luftkanal, welcher die kalte Luft zunächst dem Fußboden aufnimmt, benutzt. Die kalte Luft wird auf der der Einheizthür entgegengesetzten

hintern Seite des Ofens unmittelbar über dem Fußboden aufgenommen, durch den Kanal *g* aufwärts durchgeführt und dabei von den drei erhitzten Kanalwänden erwärmt, wonach dieselbe oben ausströmt. Der Ofen, welcher nach Fig. 263 in sechs Abtheilungen getheilt ist, enthält demnach nur fünf Züge, und der sechste Zug wurde zu einem, die Luftströmung im Zimmer befördernden Luftheizungskanal benutzt.

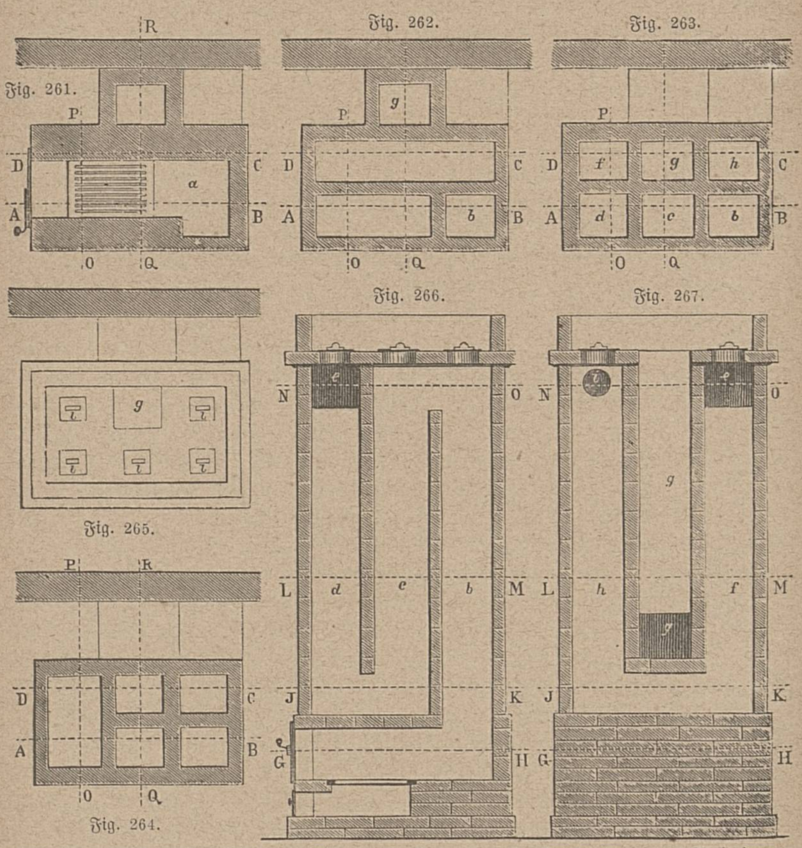
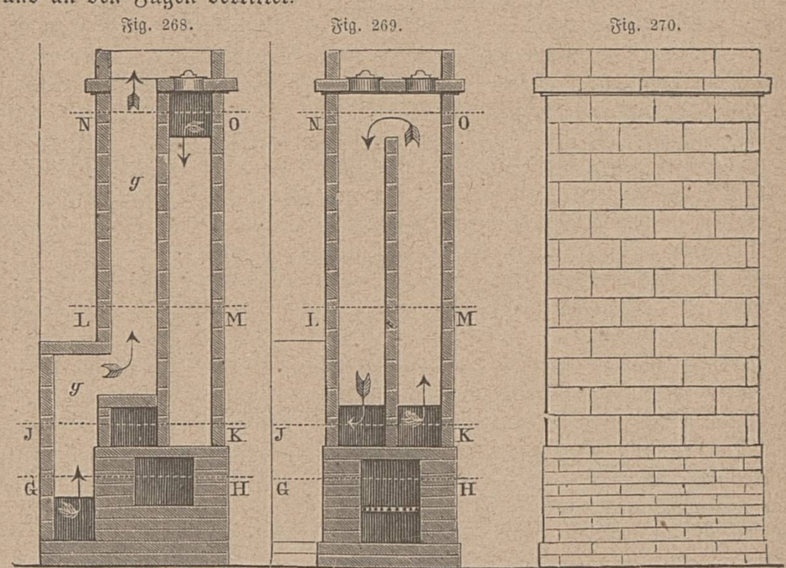


Fig. 261. Fig. 262. Fig. 263. Fig. 264. Fig. 265. Fig. 266. Fig. 267.

Der Ofen ist oben mit einer Gußplatte gedeckt, in der zur Reinigung der Kanäle fünf Oeffnungen, durch Kapseln verschließbar, angebracht sind. Die Gußplatte ist mit einer Backsteinschicht belegt, welche, über die äußeren Ofenwände vorstehend, zugleich das einfache Gesims bildet. Damit jedoch die zur Reinigung der Züge auf der Ofendecke angebrachten Kapseln *l*, deren Fugen nach jeder Reinigung sorgfältig mit Lehm verstrichen werden müssen, nicht in der Ansicht des Ofens stören, ist über die Belegschicht hinaus

der äußere Umfang des Ofenkastens noch durch eine Stellschicht erhöht fortgeführt. Da ein Ausputzen dieses Ofens sehr selten und höchstens alle zwei Jahre nothwendig ist, so sind in der Regel an den unteren Theilen der Züge keine besonderen Oeffnungen zum Herausbringen des Rußes angebracht, und es werden die Oefen entweder alle zwei Jahre umgesetzt oder zur Zeit der Reinigung am untern Theile der Züge die Backsteine herausgenommen und, nachdem der Ruß herausgeschafft worden, wieder eingesetzt und an den Fugen verkittet.

Fig. 268. Fig. 269. Fig. 270.



Einen Ofen mit horizontalen Zügen geben wir in den Fig. 271 bis 278. Das Schürloch ist an der schmalen Seite des Ofens angebracht, und der mit Rost und Aschenfall versehene Feuerraum nimmt den dritten Theil der Länge des Ofens ein. Schürloch und Aschenfall sind mit doppelten Thüren versehen. Aus dem Feuerraum geht die Hitze durch den ersten Zug in den kurzen vertikalen Kanal und tritt durch eine Oeffnung im Deckbleche (oder einer Gußplatte) in die erste Etage, in welcher sie um die Zunge herumzieht und dann durch eine hintere Oeffnung im Deckbleche in die zweite Etage tritt. In der zweiten Etage geht sodann die Hitze von hinten nach vorn um die Zunge herum und tritt durch die im Deckbleche angebrachte Oeffnung in die letzte Etage, aus welcher sie, nachdem sie die Zunge umspielt hat, in den Schornstein entweicht.

Ueber dem Feuerraum, welcher sammt dem ersten Zuge mit einer Gußplatte überdeckt ist, wird die zum Kochen dienende Nische angebracht. Das Feuer streicht über die Gußplatte, unter welcher zwei Nischen, je eine

an der breiten und schmalen Seite des Ofens, angebracht sind, welche zur schnellen Erwärmung der Zimmerluft zunächst dem Fußboden dienen. Zwischen den horizontalen Kanälen sind zwei Nischen angebracht, in deren hinteren Wänden kleine Oeffnungen befindlich sind, um eine Luftdurchströmung über die erhitzten Blechplatten zu erzeugen. Zum Reinigen der Kanäle kann in jeder Etage ein Stein herausgenommen werden.

Kochherde. In holzreichen Gegenden wird noch in vielen Haushaltungen bei offenem Feuer gekocht. Auf dem mit Backsteinen, oft auch nur mit Bruchsteinen aufgemauerten und oben mit Backsteinen oder Platten belegten Herde ist entweder eine einfache Vertiefung angebracht, in welcher das Feuer unterhalten wird und um welche die Kochgefäße gestellt oder über welcher dieselben aufgehängt werden, oder es ist die Herdvertiefung mit einem Rost und Aschenfall versehen und bildet eine Kasserolle. Der Rauch steigt bei derartigen offenen Feuern im Küchenraume frei auf und verbreitet sich selbst da, wo über dem Herde ein Rauchfang — Schlotmantel, Schornsteinbusen — angebracht ist, in der Küche und dringt von da in die übrigen Wohnräume. Außer dieser Belästigung veranlaßt das Kochen bei offenem Feuer eine so bedeutende Verschwendung an Brennmaterial, daß es dringend geboten ist, an deren Stelle zweckmäßigere und holzersparende Einrichtungen einzuführen.

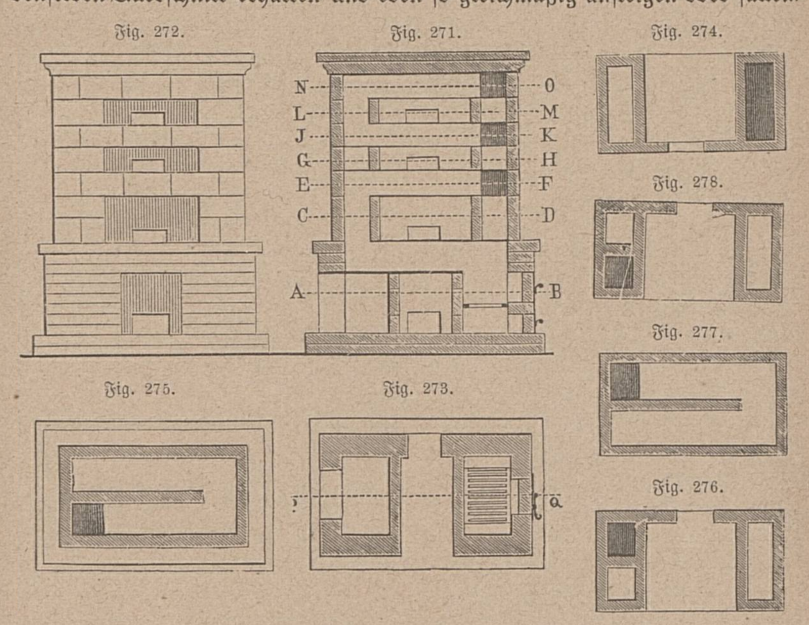
Kochherde, bei welchen das zum Kochen der Speisen dienende Feuer in einem besonderen Feuerraume mit Rost und Aschenfall brennt, werden im Allgemeinen Sparherde genannt. Bei diesen hier zur Sprache kommenden Herden sind die Kochgefäße entweder in Oeffnungen der gußeisernen Herdplatte eingesetzt — versenkt — und werden sowol am Boden als an den Seitenwänden vom Feuer bestrichen, oder sie werden, ohne in die Herdplatte versenkt zu sein, nur auf die Herdplatte aufgesetzt, welche in diesem Falle in ihrer ganzen Ausdehnung auf der untern Seite vom Feuer bespielt werden muß. Die letzterwähnte Gattung von Herden werden Plattenherde genannt.

Die Einrichtung der Sparherde unterliegt den mannichfachsten Verschiedenheiten. Außer den Anforderungen in Bezug auf die erforderliche Größe und die größere oder geringere Eleganz hat besonders das Brennmaterial, welches zum Kochen verwendet werden soll, einen wesentlichen Einfluß auf die Verschiedenheiten der Herdeinrichtung.

Außer einer zweckmäßigen, brennstoffersparenden Konstruktion wird an den täglich im Gebrauch befindlichen Kochherd die Anforderung der größtmöglichen Dauerhaftigkeit gestellt. Wo die Kosten nicht gescheut werden, erhält deshalb der gemauerte Herd eine Verkleidung sämmtlicher Außenseiten mit gußeisernen Platten. Eine gußeiserne Herdplatte, worin sich die Oeffnungen zum Einsetzen der Kochgefäße befinden, oder auf welche diese gestellt werden, sowie eine zweite Platte auf der vordern Seite, wo sich das Schür- und Aschenloch befindet, darf bei dem einfachsten Herde nicht fehlen. Außen

verputzte Mauerung ist der Beschädigung sehr unterworfen. Es ist deshalb zweckmäßiger, das äußere Mauerwerk mit scharfkantigen Steinen genau nach Senkel und Richtscheit aufzuführen und nur in den Fugen zu verstreichen. Im Innern des Herdes, wo das Mauerwerk dem Feuer direkt ausgesetzt ist, wird mit Lehm gemauert; zu den Außenwänden kann Kalkmörtel, welcher die Eigenschaft hat, der Nässe zu widerstehen, verwendet werden.

Bei den Zugkanälen ist darauf zu sehen, daß die zu erhitzenden Flächen gleichmäßig vom Feuer umspielt werden, und müssen deshalb gespaltene Feuerzüge bis zu der Stelle, wo sie sich wieder vereinigen, genau dieselbe Länge und denselben Querschnitt erhalten und eben so gleichmäßig ansteigen oder fallen.



Die geringste Abweichung bewirkt bei gespaltenen Zügen, daß die Hitze den kürzesten und bequemsten Weg einschlägt und den längern und unbequemern Weg ganz unberührt läßt. Bei allen von dem Feuerraume aus nicht zugänglichen Zugkanälen müssen die nöthigen Oeffnungen zum Reinigen derselben in den Umfangswänden angebracht und mit gut schließenden Kapseln verwahrt werden.

Die Küchenherde werden am zweckmäßigsten unter die Schornsteinöffnung gelegt, damit die Rauchröhren in senkrechter Richtung dem Schornsteine zugeführt werden können. Zur Beförderung des Zuges der Herdfeuerung werden besteigbare Schornsteine an der Decke durch eine Guß- oder Blechplatte abgeschlossen, welche zugleich dazu dient, die sich erzeugenden Dünste

aus der Küche hinauszuschaffen. Es wird ein Rahmen aus Guß= oder Schmiedeisen von der Lichtenweite der Schornsteinöffnung angefertigt und vor derselben da, wo der Schornstein an der Küchendecke beginnt, befestigt. Dieser Rahmen enthält eine Oeffnung, durch welche der Schornsteinfeger einfahren kann, während der übrige Theil des Rahmens durch eine feste Platte gedeckt ist. Mittels einer in Charnieren sich nach oben bewegenden Thür kann die zum Einfahren dienende Oeffnung entweder ganz geschlossen oder mehr oder weniger geöffnet werden. Es ist zu diesem Zweck an der Klappthür eine Eisenstange angebracht, welche unten so eingehängt oder auf Stützen gestellt werden kann, daß hierdurch ein Oeffnen der Thür in jedem beliebigen Grade möglich ist, um dem Rauch oder den sich anhäufenden Dünsten den Austritt in den Schornstein zu verschaffen. Durch die der Küchenwand zugewendete feste Platte des Rahmens werden in genau passende Oeffnungen die Rauchröhren hindurchgeführt und über die Platte hinaus angemessen erhöht.

Zur Beschreibung gemauerter Kochherde wählen wir einige als zweckmäßig anerkannte, den Bedürfnissen kleiner und mittelgroßer Haushaltungen entsprechende Muster von Sparherden.

Einen kleinen Kochherd mit drei versenkten Töpfen, welche im Kleeblatt sitzen, stellen wir in den Fig. 279 bis 282 dar. Fig. 279 ist ein senkrechter Durchschnitt nach *ab* der Fig. 280, nach der Quere des Rostes durch die Mitte der beiden vorderen Töpfe; Fig. 280 ein Grundriß unter der Herdplatte; Fig. 281 ein senkrechter Durchschnitt nach *cd* der Fig. 280, durch die Mitte des Rostes und Feuerraums nach der Länge; Fig. 282 ist die vordere Ansicht des Herdes.

Ueber dem Roste und in gleicher Entfernung vom Mittel desselben befinden sich zwei in die Herdplatte versenkte Töpfe, der dritte liegt hinter dem Roste. Der Feuerraum steigt zu beiden Seiten des horizontal gelegten Rostes schräg aufwärts, wie dies aus Fig. 279 zu ersehen ist. Unmittelbar hinter dem Roste ist ein Backstein *A* hochkantig auf die lange Seite gestellt, indem er mit den beiden schmalen Seiten in die schräg aufsteigenden Steine des Feuerraumes eingreift. Unmittelbar hinter dem Steine *A* ist ein zweiter, *B*, dieser aber hochkantig auf die schmale Seite gestellt, und zwar dergestalt, daß zwischen dessen vorderen Kanten und den Seiten der vorderen Töpfe nur ein ganz geringer Zwischenraum bleibt und derselbe oben bis an die Deckplatte des Herdes reicht. Hinter diesem aufgestellten Steine ist das Mauerwerk des Herdes so hoch hinaufgeführt, daß zwischen demselben und dem Boden des hintern Topfes nur ein Zwischenraum von 5 cm verbleibt. Die Ummauerung läßt zwischen den Seiten der drei Töpfe einen zum Cirkuliren der Hitze dienenden Zwischenraum von nur $2\frac{1}{2}$ cm. Zwischen dem Steine *B* und der Ummauerung sind auf beiden Seiten 10 cm breite Oeffnungen angebracht, durch welche die Hitze zu dem hintern Topfe einströmt und von da durch das unmittelbar hinter demselben befindliche Rauchrohr in den Schornstein entweicht. Zum beliebigen Abschluß der Feuerung ist an dem Rauchrohre eine Klappe angebracht.

Fig. 279.

B

A

Fig. 281.

B

A

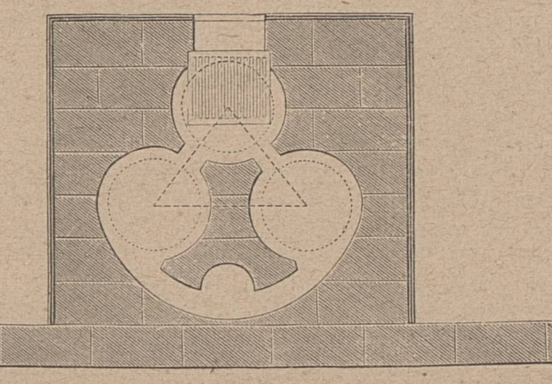
Fig. 280.

a

b

Fig. 282.

Fig. 283.



Einen dem vorbeschriebenen ähnlichen Kleeblattherd zeigt Fig. 283 im Grundriß. Bei diesem Herde sitzt der eine Topf unmittelbar über dem Roste, und die beiden anderen sitzen in gleicher Entferung von dem erstern dahinter. Behufs der Cirkulation der Hitze um die hinteren Töpfe ist zwischen denselben der Mauerkörper angelegt, welcher, wie der Stein *B* in Fig. 280, bis unter die Herdplatte hinaufreicht. Die Einrichtung dieses Herdes entspricht im Uebrigen der des vorbeschriebenen und kann aus dem Grundrisse mit Beihülfe der Fig. 279 bis 282 genügend ersehen werden.

Einen vollständigen Kochherd für eine mittlere Haushaltung geben wir in den Fig. 284 bis 287. Der Herd ist nur mit einem großen Einsatzloch über dem Roste versehen, welches durch eingelegte Ringe beliebig verkleinert werden kann, und dient außerdem zum Kochen auf der Platte. Außer der Kochplatte mit nur einem versenkten Topfe enthält der Herd noch einen Bratofen nebst Wasserschiff, welche beide auf die Herdplatte aufgesetzt sind, und im untern Theile des Herdes unter dem Feuerraume der Herdplatte einen Raum zum Obstdörren, sowie unter der Extrafeuerung des Bratofens einen Raum, in welchem Brennmaterial untergebracht werden kann. Der auf die Herdplatte gesetzte Bratofen wird durch die abgehende Hitze des Kochherdes erwärmt, hat aber auch noch eine Extrafeuerung für den Fall, wenn zum Braten die abgehende Hitze vom Herde nicht ausreicht.

Der Herd steht nur mit der dem Schürloch gegenüber befindlichen schmalen Seite an einer Wand der Küche; die drei anderen Seiten stehen frei.

Durch die Betrachtung der einzelnen Figuren des in der Seitenansicht und den erforderlichen Durchschnitten dargestellten Herdes wird die nachfolgende Beschreibung der Einrichtung desselben genügend klar werden.

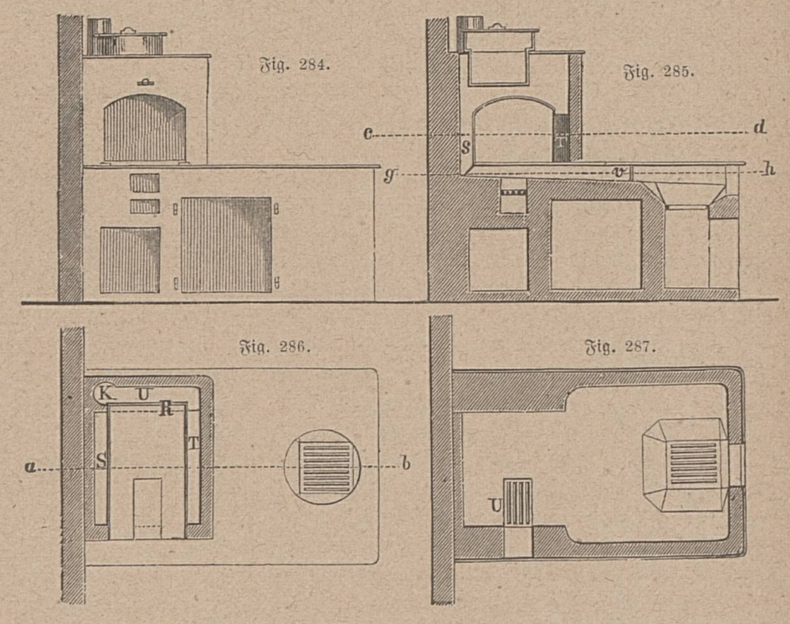
Fig. 284 stellt die Ansicht des Herdes von derjenigen langen Seite dar, in welcher die Thüren des oberen Bratofens, des Darrraumes und des Raumes zur Aufbewahrung des Brennmaterials sich befinden. Alle Thüren sind weggenommen gedacht und nur deren Kloben und Einleghaken sichtbar. Wie aus der Lage der Kloben zu ersehen, wird die Thür des Bratofens von oben nach unten aufgeklappt, während die übrigen Thüren auf die übliche Weise geöffnet werden. Bei dem breiten Darrraume ist eine zweiflügelige Thür angenommen.

Fig. 285 ist der Längendurchschnitt durch die Mitte des Herdes nach Linie *ab* der Fig. 286. Aus diesem Durchschnitt ist der Aschenraum des Feuerherdes, dessen Rost, der Feuerraum, der Feuerzug unter der Herdplatte her nach dem Bratofen, der Bratofen mit seiner Extrafeuerung, das Wasserschiff von der schmalen Seite mit dem dahinter befindlichen Rauchrohre, der Darrraum unter dem Feuerzuge der Herdplatte und endlich der Raum zur Aufbewahrung des Brennmaterials, welcher sich unter der Bratofenfeuerung befindet, zu ersehen.

Fig. 286 ist ein Horizontaldurchschnitt nach *cd* der Fig. 285, durch den

Bratofen mit dem Grundriß der Herdplatte. Man sieht die Umfangswände des Bratofens, die zwischen diesen und den Seitenwänden des Bratofens befindlichen Kanäle, den runden Ausschnitt in der hintern Ecke zweier Kanäle, auf welchen sich das Rauchrohr aufsetzt, ferner die Draufsicht der Herdplatte mit der Einsatzöffnung und dem darunter liegenden Rost.

Fig. 287 ist ein Horizontaldurchschnitt nach *g h* der Fig. 285, unter der Herdplatte genommen. Dieser Durchschnitt giebt die Umfangswände des Herdes, auf welche die Herdplatte gelegt wird, den Rost des Feuerherdes und die von diesem aus nach oben sich erweiternde Ummauerung, den Rost der Extrafeuerung des Bratofens, das Mauerwerk, an welches der Bratofen an den Seiten und hinten sich aufsetzt, und die Eisenstütze *v* für die Herdplatte.



Es ist bei diesem Herde angenommen, daß die Außenseite mit Gußplatten umgeben und daß diese Platten an den Ecken durch rundgebogene Bleche unter einander verbunden sind. Damit die Deckplatte durch die Wirkung der Hitze nicht unregelmäßig springt, ist dieselbe von der Vorderkante über der Mitte der Heizthür bis zur Einsatzöffnung durchschnitten. Die Sohle des nur 6 bis 8 cm hohen Feuerzuges unter der Herdplatte steigt nach hinten um 2 bis 3 cm an. Die unter der Herdplatte herstreichende Hitze bespielt den Boden des auf die Herdplatte unmittelbar aufgesetzten Bratofens, zieht in den Kanal *S* (Fig. 285 und Fig. 286) herauf, überschlägt die Decke des Bratofens, zieht in den Kanal *T* herab und begiebt sich von da

in den hintern Kanal U, auf welchem an der Decke das Rauchrohr V angebracht ist. Damit die Hitze, indem sie den Boden, die hintere lange Seite sowie die Decke des Bratofens bestreicht, an dem Kanale U an der hintern schmalen Seite abgeschlossen ist, befindet sich bei R, Fig. 286, eine bis herauf zur Decke des Wasserschiffes reichende und von da abwärts bis unter die Decke des Bratofens fortgesetzte, mit gestellten Steinen aufgemauerte Scheidewand. Es bleibt sonach bei T eine Oeffnung zunächst dem Boden, durch welche die Hitze mit dem hintern Kanal an der schmalen Seite kommunizirt und, diese Seite bestreichend, zu dem Abzugsrohre gelangt. Das über dem Bratofen eingesetzte Wasserschiff wird von der Hitze bestrichen, bevor sie durch T in den hintern Kanal U eintritt.

Um die von dem Herdraume abgehende Hitze, wenn sie für den Bratofen nicht genügt, nach Erfordern verstärken zu können, befindet sich unter dem Bratofen eine Extrafeuerung mit Rost und Aschenfall. Wird das Extrafeuer nicht gebraucht, so kann der Rost mit einem Backstein zugedeckt und mit Lehm verstrichen werden, damit nicht kalte Luft einströmt und den Zug der Herdfeuerung mindert.

Der Darrraum ist unmittelbar unter dem Feuerzuge der Herdplatte angelegt und mit einer Gußplatte überdeckt, über welche eine den Boden des Feuerzuges bildende Backsteinschicht gelegt ist. Zur Bedeckung des zur Aufnahme des Brennmaterials vorgesehenen Raumes unter dem Bratofen ist eine Gußplatte nicht geradezu erforderlich, und es genügt, die Decke aus einer einfachen Backsteinschicht bestehen zu lassen, zu deren Unterstützung an den Stoßfugen einzelne Trageisen untergelegt werden. Zur Reinigung des Herdes sammt Bratofen ist nur eine Ausputzöffnung, und zwar am Boden des hintern Kanals U der Bratofenfeuerung, erforderlich, zu deren Verschluß eine Kapsel mit doppeltem Boden angebracht wird.

Ein Kochherd eigenthümlicher Konstruktion, mit vier Einsatztöpfen, Wasserschiff und Kasserolfeuer, ist in den Fig. 288 bis 292 abgebildet. Das Prinzip der an diesem Herde angewendeten Konstruktion hat sich sowol bei der Ausführung größerer Herde in den großh. hessischen Kasernen und Spitälern, als auch bei kleineren Herden für Haushaltungen als sehr zweckmäßig und brennstoffersparend bewährt. Fig. 288 giebt eine vordere Ansicht des Herdes, Fig. 289 den Querdurchschnitt desselben nach der Linie ab der Fig. 291 und 292, mitten durch den Feuerraum; Fig. 290 einen Längendurchschnitt nach cd der Fig. 291 und 292, mitten durch den Feuerraum und das Wasserschiff; Fig. 291 einen Horizontaldurchschnitt nach ef der Fig. 289 und 290 über dem Rost und durch die nach dem Wasserschiff führenden Feuerzüge; endlich Fig. 292 einen Horizontaldurchschnitt nach gh der Fig. 289 und 290, unter der Deckplatte genommen. A ist der Aschenraum, B der in der Mitte zwischen den vier Einsatztöpfen befindliche kreisrunde Rost, C der darüber angelegte, aus feuerfesten Backsteinen gemauerte Feuerraum, dessen eigenthümliche kesselartige Gestalt aus

den Zeichnungen zu ersehen ist. Er verengt sich bei *G* bis auf $17\frac{1}{2}$ cm Weite, verflacht sich aber von hier aus, wie man bei *H* ersieht. Unmittelbar hinter den bei *J J* aufgestellten Steinen sind die Feuerzüge *D D* angebracht, welche von hier aus dem Raume, in dem das Wasserschiff eingehängt ist, zugeführt sind.

Aus Fig. 292 ist aus den punktirten Kreisen die Stellung der vier Einsatztöpfe zu ersehen, von welchen die in der Linie *a b* liegenden weiter als die beiden anderen sind. Erstere hängen so tief herab, daß zwischen ihren Böden und dem Mauerwerk nur ein Zwischenraum von 12 mm verbleibt. Die engeren Töpfe sind niedriger, und beträgt der bemerkte Zwischenraum 62 mm. Diese Anordnung ist getroffen, damit die aus dem Feuerraume tretende Hitze nicht den nächsten Weg nach den Abzugskanälen *D D* einschlägt, sondern damit dem direkten Abzug der Hitze ein Hinderniß entgegengestellt und diese gezwungen wird, den ganzen Raum, in dem die Töpfe sitzen, gleichmäßig zu bestreichen.

In Fig. 290 sehen wir hinter den Kochtöpfen das Wasserschiff; in Fig. 292 den Raum *L*, in den es eingesetzt ist, und den Austritt der Feuerzüge. Das Rauchrohr befindet sich unmittelbar hinter dem Wasserschiff. In Fig. 289 und 291 sind die Kapseln zum Zustellen der Ausputzöffnungen für die Feuerzüge mit *E E* bezeichnet. Der Herd hat nur an der Schürseite eine Vorstellplatte, welche mit Schrauben an der Deckplatte befestigt ist. Zur Befestigung der Vorstellpatte mit dem Mauerwerk sind unten zwei 20 cm lange Anker angenietet, welche an den Enden aufwärts gebogen sind.

Soll ein Bratofen damit verbunden werden, so nimmt derselbe den hier für das Wasserschiff bestimmten Raum *L* ein, und es wird die von dem Feuerraum abgeführte Hitze auf dieselbe Weise um den Bratofen geführt, wie wir dies bei dem in Fig. 284 bis 287 abgebildeten Kochherde angegeben haben. Bei großen Kasernenherden wird ein großer Kochtopf senkrecht über dem Rost eingehängt und die kleineren Töpfe werden um diesen im Kreise vertheilt.

Kesselfeuerungen. Wenn wir hier auch nur die im gewöhnlichen Haushalt vorkommenden Kessel, wozu hauptsächlich die Waschkessel zu rechnen sind, betrachten, so gilt doch das, was wir über die Erfordernisse einer zweckmäßigen Kesselfeuerung anzuführen nicht umhin können, auch für größere Kesselfeuerungen, mit Ausnahme der Dampfkessel für den Betrieb von Maschinen, deren Anlage sich nach der Gestalt und Konstruktion der Kessel zu richten hat.

Im weiteren Verlaufe dieses Abschnittes werden wir noch die Anlage einzelner Kesselfeuerungen für Brauerei- und Brennereibetrieb besprechen und auch der Anlage von Dampfkesselfeuerungen unsere Aufmerksamkeit zuwenden.

Die gewöhnlichen Kessel sind offen und haben eine annähernd cylindrische, nach unten kugelförmige Gestalt. Dieselben frei in die Feuerung einzuhängen, wobei die sich in dem Feuerraum entwickelnde Hitze nur den Kesselboden trifft und, ohne die Seitenwände umspielt zu haben, in den Schornstein entweicht, ist eine früher häufig angewendete, aber verwerfliche Art der Feuerung.

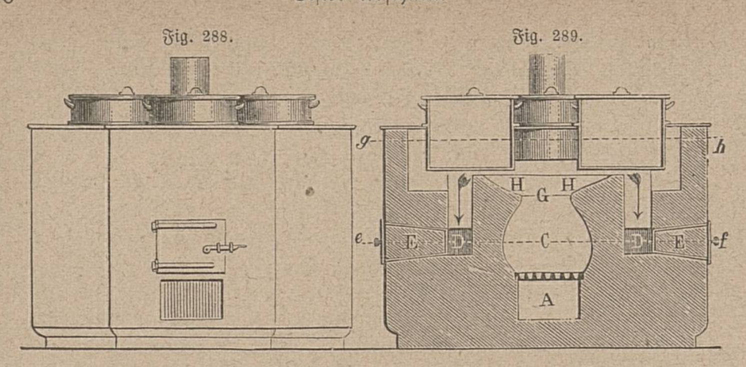
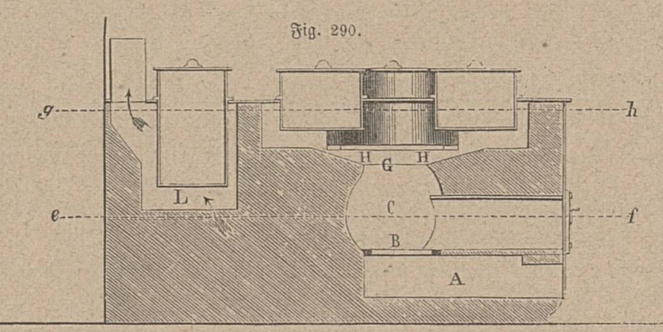


Fig. 288. Fig. 289.

Fig. 290.



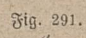
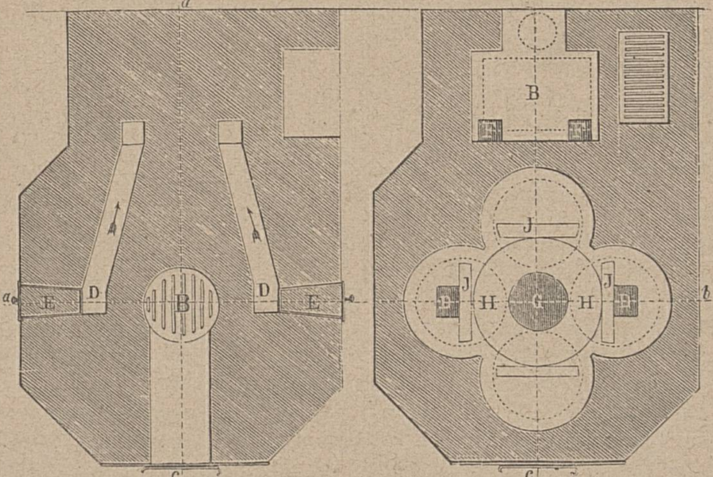


Fig. 291. Fig. 292.



Bei jeder guten Kesselfeuerung muß der Boden des Kessels die Decke des Feuerraumes bilden und denselben vollkommen abschließen; es muß die in dem Feuerraume sich entwickelnde Hitze, nachdem sie den Kesselboden erwärmt hat, durch eine dem Schürloch entgegengesetzte Oeffnung, welche Feuerrachen genannt wird, in Feuerkanäle, welche die Seitenwände umziehen, eintreten, und sie darf erst dann in den Schornstein entweichen, wenn sie auch die Seitenwände des Kessels möglichst vollkommen erwärmt hat. Nach dem Sprachgebrauche des Maurers muß ein Kessel auf Lauffeuer gesetzt werden.

Das einfache Lauffeuer besteht darin, daß der Feuerkanal um die Seitenwände des Kessels einen ungetrennten Raum bildet, so daß die durch den Feuerrachen in denselben eintretende Hitze durch eine zur Seite der Eintrittsöffnung angebrachte Scheidemauer oder Zunge genöthigt wird, den Feuerkanal nach einer Richtung und in seiner Höhe zu durchziehen, um an der andern Seite der Zunge durch eine Oeffnung in den Schornstein zu entweichen.

Das doppelt ungespaltene Lauffeuer unterscheidet sich von dem einfachen dadurch, daß zur Erwärmung der Seitenwände des Kessels zwei Kanäle über einander angebracht sind, durch welche die Hitze in einer Richtung streicht. Die Hitze durchstreicht den untern Kanal und tritt durch eine Oeffnung in der horizontalen Scheidewand in den darüber liegenden Kanal. Diesen durchzieht sie, bis sie an der Stelle, wo beim ersten Kanal die senkrechte Zunge angebracht ist, in den Schornstein entweicht.

Das einfach gespaltene Lauffeuer. Es ist nur ein Feuerkanal auf die ganze Höhe der Kesselwände angelegt. Die Hitze theilt sich, nachdem sie in den Kanal eingetreten ist, in zwei Hälften, um sich auf der dem Feuerrachen entgegengesetzten Seite zu vereinigen und durch den Schornstein zu entweichen.

Das doppelt gespaltene Lauffeuer. Es befinden sich zwei Feuerkänale über einander. Die Hitze tritt, wie bei dem einfach gespaltenen Lauffeuer, in den unteren Feuerkanal ein und streicht nach entgegengesetzter Richtung um die Kesselwände. Auf der entgegenstehenden Seite befinden sich an der Kanaldecke Oeffnungen, durch welche die unteren Seitenkanäle mit den darüber liegenden kommunizieren. Auch hier theilt sich die Hitze wieder, um in entgegengesetzten Richtungen die oberen Kanäle zu durchziehen und an der dem Schürloch gegenüberliegenden Seite dem Schornstein zugeführt zu werden.

Der großherz. hessische Gewerbeverein hat genaue Versuche über den ökonomischen Werth verschiedener Kesselfeuerungen anstellen lassen und dabei drei verschiedene Brennstoffe, nämlich Buchenholz, Torf und Steinkohlen, verwendet. — Wir theilen die Resultate mit, welche sich auf den relativen Nutzeffekt von fünf Kesselfeuerungen beziehen, die wie folgt konstruirt waren:

a. Kessel ohne Lauffeuer.
b. Kessel mit einfachem Lauffeuer.
c. Kessel mit doppeltem, ungespaltenem Lauffeuer.
d. Kessel mit einfach gespaltenem Lauffeuer.
e. Kessel mit doppelt gespaltenem Lauffeuer.

Bei Holzbrand ergaben sich die Effekte dieser fünf verschiedenen Konstruktionen, von der ungünstigsten angefangen, in folgender Ordnung:

$a=100$; $b=72,2$; $c=68,7$; $d=68,8$; $e=63$.

Diese Zahlenergebnisse weisen nach, daß, wenn a 100 kg Holz konsumirt, der nämliche Effekt bei e mit einem Verbrauch von 63 kg Holz erreicht werden kann, daß sonach bei der Feuerung e eine Ersparniß von 37 Prozent gegenüber der Feuerung von a erreicht wird. Gegenüber der Feuerung von a betragen bei c und d die Ersparnisse 31 bis 32 Prozent. Hieraus geht hervor, daß die mit Lauffeuer konstruirten Kesselfeuerungen diejenigen im Effekt bedeutend übertreffen, deren Kessel frei im Feuer hängen, so daß selbst das einfache Lauffeuer, welches den geringsten Effekt ergab, den frei in die Feuerung eingehängten Kessel immerhin noch um 28 Prozent übertrifft. Zugleich ergiebt sich aus obiger Zusammenstellung, daß bei Holzbrand das gespaltene Feuer dem ungespaltenen vorzuziehen ist.

Bei Torffeuerung ergab sich in Bezug auf den Nutzeffekt der verschiedenen Konstruktionen folgende Ordnung:

$a=100$; $b=76$; $c=72$; $d=66$; $e=53$.

Es stellt sich hiernach, gegenüber der Feuerung a, bei b eine Ersparniß von 24 Prozent, bei c von 28 Prozent, bei d von 34 Prozent und bei e von 47 Prozent heraus. — Bei Steinkohlenfeuerung war die Ordnung folgende:

$a=100$; $d=85$; $b=83$; $e=76$; $c=73$.

Bei diesen Resultaten erscheinen die Vortheile der auf Lauffeuer gesetzten Kessel gegen die in das Feuer frei eingehängten nicht in solchem Grade günstig. Die Ersparniß beträgt im günstigsten Falle nur 27 Prozent, wogegen sie bei Holzbrand 37 und bei Torfbrand 47 Prozent betrug. Ferner stehen hier die Kessel mit gespaltenen Feuerzügen denjenigen nach, bei welchen die Hitze den Kessel in gleicher Richtung bestreicht. Es sind bei Steinkohlenfeuerung Cirkulationen nicht anwendbar, bei welchen die Strömung der erhitzten Luft schnellen Veränderungen ihrer Geschwindigkeit und Richtung unterworfen ist, und es verdienen, bei gleicher Länge der Zugkanäle, diejenigen den Vorzug, welche eine in gleicher Richtung erfolgende Bewegung der erhitzten Luft gestatten.

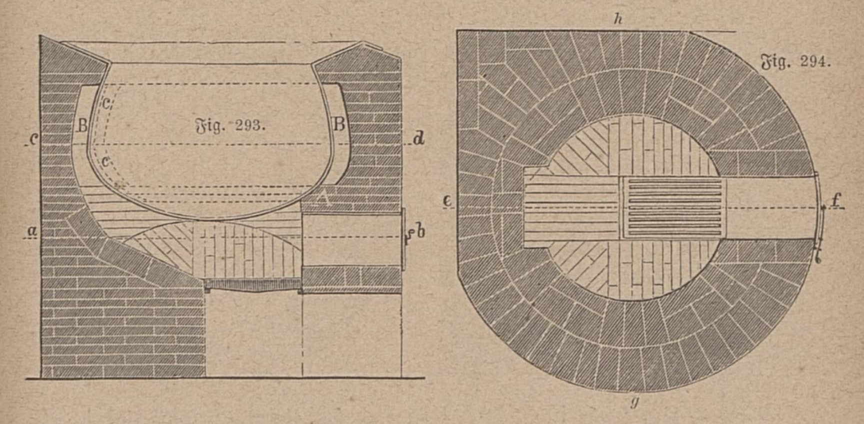
Nach diesen allgemeinen Vorbemerkungen gehen wir zur Beschreibung einiger Kesselfeuerungen über.

Einen Kessel mit einfachem Lauffeuer stellen die Figuren 293 bis 296 in den erforderlichen Grundrissen und Durchschnitten dar. Der Feuerraum wird durch den Kesselboden gedeckt; dem Schürloch gegenüber befindet sich der ungetheilte Feuerrachen; zur Linken desselben ist der um den Kessel herumführende Kanal auf seine ganze Höhe durch eine Zunge gesperrt, so daß die erhitzte Luft sich rechts wendet und in dieser Richtung den Kessel umspült, um sodann links von der Zunge in den Schornstein zu entweichen.

Fig. 293 ist ein Längendurchschnitt nach der Linie ef der Fig. 294 und 296, durch die Mitte des Kessels, Fig. 295 ist ein Querdurchschnitt, und zwar ebenfalls durch die Mitte des Kessels.

Fig. 294 ist ein Horizontaldurchschnitt nach *a b* der Fig. 293 und 295, zwischen dem Rost und dem Kesselboden. Fig. 296 ist ein zweiter Horizontaldurchschnitt nach *c d* der Fig. 293 und 295, in der halben Höhe des Kessels.

Die Ummauerung des Kessels ist, der Form des Kessels entsprechend, soweit er freisteht, kreisrund. Um die Umfangslinie der Kesselmauer mittels einer Schnur vorzeichnen zu können, hat man den größten Halbmesser des Kessels, die Weite des Kanals und die Dicke der Umfangsmauer zusammen zu addiren und nach diesem Maße, als Halbmesser des Kesselumfangs, die Kreislinie zu ziehen. Bei dem Aufführen des Mauerwerkes bis zur Höhe des Rostes muß der Raum für den Aschenfall in einer der Rostfläche gleichen Breite frei bleiben. Die Länge des Aschenfalles ist gleich der Länge des Rostes, mit Zurechnung der Entfernung, in welcher derselbe von der Heizthür zurückliegt. Der Theil des Aschenraumes vor dem Rost wird mit Eisenstäben so überdeckt, daß die auf diesen Stäben liegende Rollschicht etwa 5 cm übersteht.

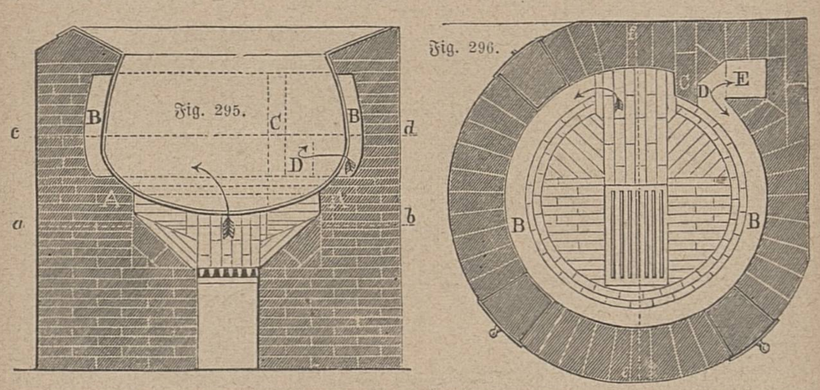


Diese wird nach dem Rost hin abgeschrägt und nimmt die Breite desselben ein. Auf dem Mauerwerk bis auf eine Steinschicht unterhalb der Rostfläche wird hierauf von dem Mittelpunkte aus ein Kreis beschrieben, welcher so groß ist als die Bodenfläche des Kessels, welche der direkten Wirkung des Feuers ausgesetzt werden soll. Nach diesem Kreis wird nun das Mauerwerk, mit Freilassung des Schürloches und des bis an die äußere Ummauerung für die Kanäle reichenden Raumes für den Feuerrachen, bis zu der Höhe aufgeführt, daß der Boden des darauf zu setzenden Kessels den verlangten Abstand von dem Roste erhält. Dieser Abstand kann bei kleineren Kesseln bis zu 25 cm und bei größeren Kesseln bis zu 40 cm angenommen werden. Damit das Brennmaterial den Rost immer gut deckt, wird von den Kanten des Rostes aus ein Rollpflaster oder Backsteinbeleg schräg aufwärts angelegt, das sich an die Ummauerung des Feuerraumes und des Feuerrachens anschließt.

Ist der Kessel auf die Oberkante der Untermauerung aufgesetzt, so legt

man, damit er genügend unterstützt und zugleich der Feuerraum von dem Zugkanale vollkommen abgeschlossen wird, noch eine oder zwei Backsteinschichten darum, welche nach der Form des Kessels vorn abgeschrägt und mit Lehmmörtel genau an die Kesselwand angemauert werden.

Das Mauerwerk wird nun außen cylindrisch und innen konzentrisch mit der Kesselwand so aufgeführt, daß zwischen der Ummauerung und dem Kessel ein Kanal *B* von etwa 10 cm Breite verbleibt. Mit der Ummauerung wird auf der einen Seite des Feuerrachens die Zunge *C* aufgeführt, welche den Kanal auf der dem Schornstein zunächst gelegenen Seite auf die ganze Höhe abschließt. Das Mauerwerk wird nun bis zu einer solchen Höhe aufgeführt, daß noch zwei Deckschichten, welche zugleich den Kanal *B* oben abschließen, bis zum obern Kesselrande und an den Kessel anschließend gemauert werden können. Erhält die Kesselmauerung oben einen Kranz aus Hausteinen, so wird unter diesen Kranz nur eine Deckschicht gelegt.



Bei *D*, Fig. 296, ist an der Seite, wo die Zunge *C* sich befindet, der Schornstein *E*. Die Einmündung *D* des Kanals *B* in den Schornstein *E* wird unmittelbar unter den Deckschichten angebracht, damit der obere Theil der Kesselwand möglichst vollständig von der Hitze umspielt wird.

Zur Reinigung des um den Kessel herumgeführten Kanals sind Ausputzöffnungen anzubringen, welche mit Backsteinen ausgemauert oder mit ausgefüllten Schließkapseln verschlossen werden. Der Schornstein *E* erhält über dem Kessel einen Schieber zur Regulirung des Zuges.

Einen Kessel mit doppelt gespaltenem Lauffeuer stellen wir in den Fig. 297 bis 300 im Grundriß und in den Durchschnitten dar. Der Schornstein befindet sich in der Ecke der Umfangsmauern, und das Schürloch liegt in der durch die Ecke und den Mittelpunkt des Kessels gelegten Ebene, dem Schorstein gegenüber. Diese Kesselfeuerung ist für Holzbrand die geeignetste.

Fig. 297 ist ein Längendurchschnitt nach der Linie *a b* der Fig. 299,

durch die Mitte des Kessels. Fig. 298 ist ein Querdurchschnitt nach der Linie *c d* der Fig. 299 gegen die Rückseite; Fig. 299 ein Horizontaldurchschnitt nach *e f* der Fig. 297, 298 und 300, über der horizontalen Scheidewand, die den Kanal der Höhe nach in zwei Hälften theilt. Fig. 300 ist ein zweiter Querdurchschnitt, und zwar ebenfalls nach *c d* der Fig. 299, mit der Ansicht gegen das Schürloch. In Fig. 299 und 300 ist der Kessel herausgenommen.

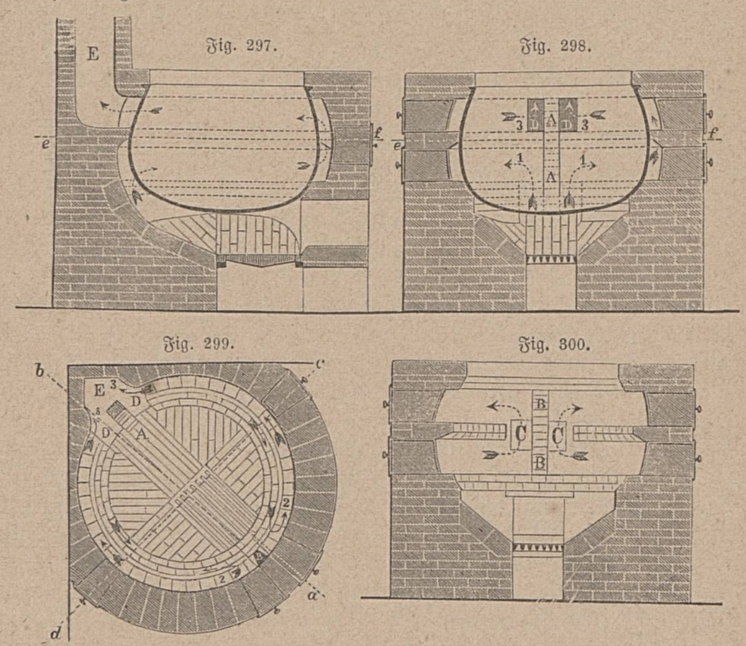


Fig. 297. Fig. 298. Fig. 299. Fig. 300.

Der zur Erwärmung der Seitenwände des Kessels dienende Kanal ist durch eine horizontale, aus gelegten Backsteinen gefertigte und mit der Umfangsmauer wohlverbundene Scheidewand in einen obern und einen untern Kanal abgetheilt. Der Feuerrachen liegt dem Schürloch gegenüber und ist in der Mitte durch eine Zunge *A* geschieden, welche so weit hinaufgeführt ist, daß sie die beiden Seitenkanäle schneidet und in zwei Hälften trennt. Eine ähnliche Zunge *B*, welche auf die Scheidewand des untern Kanals aufgesetzt ist, befindet sich auf der gegenüberstehenden Seite; sie besteht aus gestellten Steinen, damit der Kessel nicht unnöthig vermauert wird. Zu beiden Seiten dieser Zunge *B* ist die Scheidewand mittels der beiden Oeffnungen *C C* durchbrochen, so daß hier eine Kommunikation zwischen den über einander liegenden Kanälen stattfindet. Bei *D D* kommunizirt der obere Kanal mit dem Schornstein *E* vermittels zweier durch die Zunge *A* getrennter Oeffnungen.

Die Richtung des Zuges, welchen die erhitzte Luft von dem Feuerraum nach dem Schornstein nimmt, ist durch Pfeile angegeben. Aus dem Feuerraum gelangt dieselbe, die Richtung der mit 1 bezeichneten Pfeile verfolgend, in den untern Seitenkanal; sie wendet sich hier zur Rechten und zur Linken und tritt durch die Oeffnungen *C C* zu beiden Seiten der Zunge *B* in den oberen Kanal, wo sie die Richtung der Pfeile 2 annimmt. Nachdem sie nun auch den oberen Kanal in entgegengesetzter Richtung durchzogen hat, tritt sie zu beiden Seiten der Zunge *A* durch die Oeffnungen *D D* in den Schornstein *E*, wie dies die Pfeile 3 bezeichnen. Die mit Kapseln verschlossenen Ausputzöffnungen ersieht man aus den Abbildungen.

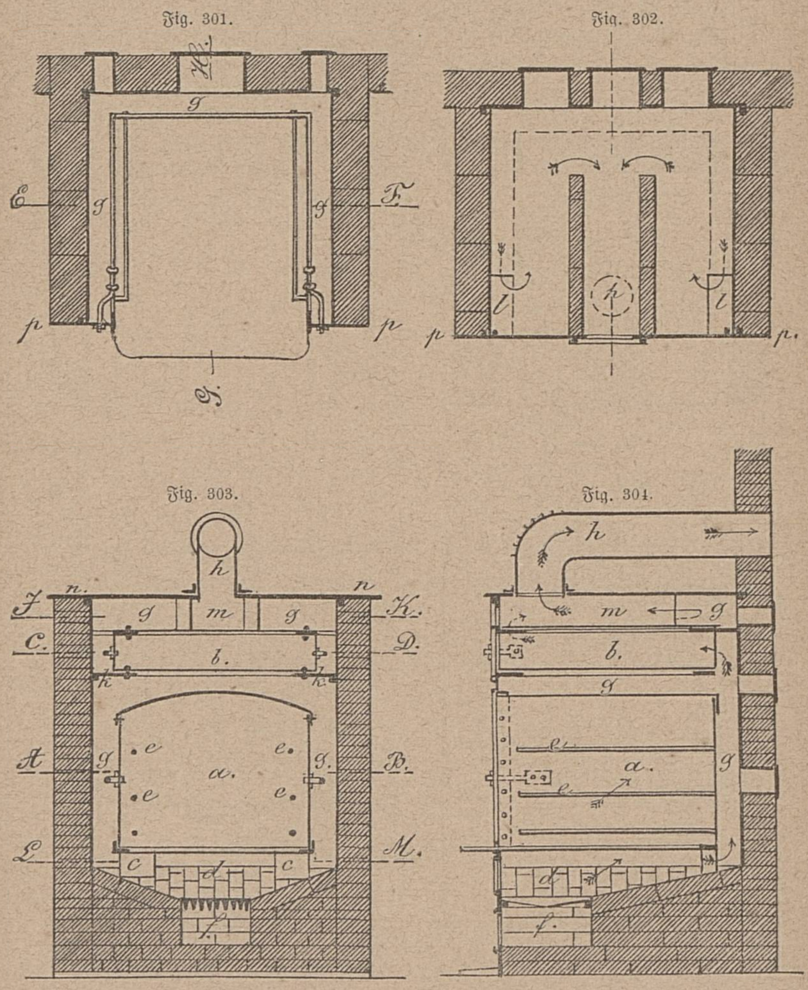
Nachdem wir in Vorstehendem die Feuerungsanlagen in Wohngebäuden betrachtet haben, gehen wir zur Erörterung der wichtigsten beim Fabrik- und Gewerbebetrieb vorkommenden Feuerungsanlagen über, deren Bau und Einrichtung dem Maurer vorzugsweise überlassen ist.

Wir geben in den Fig. 301 bis 308 das Beispiel eines Konditorofens, in den Grundrissen, Querschnitten und Ansichten dargestellt, dessen zweckmäßige Konstruktion vielfach anerkannt ist, und zwar giebt Fig. 301 den Grundriß des Ofens nach der Linie *A B* der Fig. 303; Fig. 302 den Grundriß desselben nach der Linie *C D* der Fig. 303, Fig. 303 den Querschnitt des Ofens nach *E F* der Fig. 301 und Fig. 304 den Schnitt nach der Linie *G H* durch die Mitte der Fig. 301. In Fig. 305 haben wir einen Grundriß nach der Linie *J K* der Fig. 303 und in Fig. 306 einen ebensolchen nach *L M* der Fig. 303 direkt über der Feuerung dargestellt. Die Fig. 307 und 308 endlich zeigen eine Vorderansicht und eine Hinteransicht des Ofens. Sämmtliche Figuren sind in dem Maßstabe von 1:25 dargestellt.

Den vorderen Abschluß dieses Ofens bildet eine gußeiserne Vorstellplatte *p*, in welcher die erforderlichen Oeffnungen für die verschiedenen Thüren angebracht sind. Der obere Abschluß wird durch eine ebenfalls aus Gußeisen bestehende Platte *n n* hergestellt, in welcher eine runde Oeffnung für den Durchgang des Rauchrohres *h* gelassen ist. Der Aschenraum kann durch einen Schieber beliebig geöffnet und geschlossen werden, während der Verschluß des Feuerraumes *d* durch eine seitlich aufgehende Thür mit Falle bewerkstelligt ist. Die beiden Backöfen *a* und *b* sind durch eiserne Thüren verschlossen, welche nach unten aufgehen und von welchen die obere mit Spreizen auf der Unterseite versehen ist, welche sich an die Vorstellplatte anlegen, so daß die Thür nach dem Oeffnen in horizontaler Lage verbleibt.

Der untere große Backofen *a* hat eine gußeiserne Bodenplatte, welche in einem Schlitze der Vorstellplatte *p* aufliegt und noch um 10 bis 12 cm vor dieselbe hervortritt, so daß die Thür der Backofens sich beim Oeffnen auf diese Platte horizontal auflegt. Die Seitenwände sowie die Hinterwand und die bogenförmige Decke des Backofens sind aus Eisenblech hergestellt und unter einander sowie mit der Bodenplatte vernietet. Auf der Hinterseite erhält der Backofen seine Auflage auf den beiden Steinen *c c*.

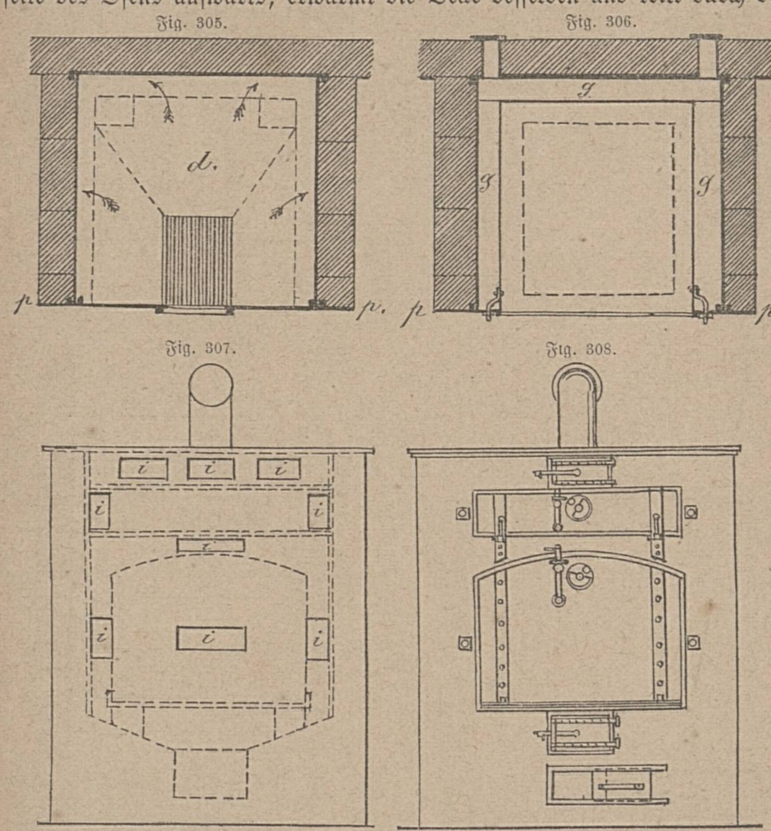
Zum Auflegen der Bleche und Horden in dem Backofen *a* dienen die horizontalen Eisenstäbe *e e*, welche mit den Seitenwänden und der Hinterwand vernietet sind. Der Backofen sitzt so in dem inneren Raum des Ofens,



daß seitlich und hinter dem ersteren noch ein freier Raum *g g* von 7 bis 8 cm Breite verbleibt, in welchem sich die Hitze des Herdfeuers seitlich und aufwärts bewegt.

Ueber dem Backofen *a* ist auf einer durchgehenden Bodenplatte *k*, welche nur zwei Schlitze *l l* Fig. 305 hat, noch ein zweiter Backofen *b* von

derselben Größe im Grundriß wie *a*, aber bedeutend niedriger als dieser, so angebracht, daß zwischen den nächsten Punkten beider Backöfen ebenfalls ein freier Raum von 7 bis 8 cm verbleibt. Die in dem Feuerraume *d* sich entwickelnde Hitze umspielt erst den Boden des Backofens *a* und steigt in den Kanälen *g g g* aufwärts; umspielt und erwärmt den Boden des Backofens *b*, geht alsdann durch die Schlitze *l l*, Fig. 305 an der Vorderseite des Ofens aufwärts, erwärmt die Decke desselben und tritt durch den



Kanal *m* in das Rauchrohr *h*, und entweicht durch dieses nach dem Schornstein. In Fig. 308, welche die hintere Ansicht des Ofens darstellt, sind die Putzöffnungen zum Reinigen der Heizkanäle mit *i i* . . . bezeichnet. Dieselben werden durch Kapseln von Eisenblech, welche mit Lehm angefüllt sind, verschlossen und die Fugen alsdann mit Lehm verstrichen.

Die Obstdarren, von welchen wir in den Fig 309 bis 316 zwei Beispiele geben, haben im Allgemeinen eine ähnliche Einrichtung wie der

vorher besprochene Konditorofen, sind also nach der Art der Küchenbratöfen angelegt. Dabei ist bei Anlage derselben vor Allem darauf zu sehen, daß

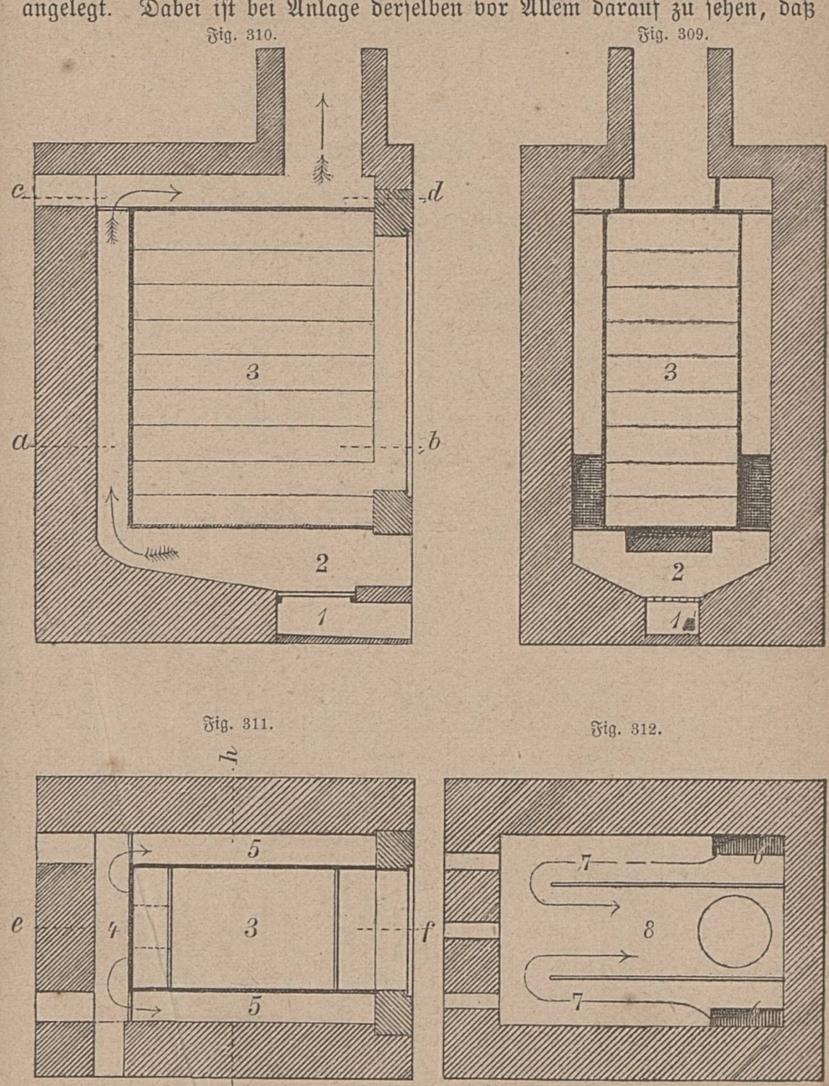


Fig. 310. Fig. 309. Fig. 311. Fig. 312.

dem Darrraum eine möglichst gleichmäßige und nicht zu starke Erhitzung zutheil wird, damit das zu dörrende Obst nicht anbrennt. Aus diesem Grunde ist es Regel, daß man die Umfangswände des Darrraumes ganz

von Backsteinmauerwerk oder aus gebrannten Thonkacheln herstellt, welche mit Lehm und Backsteinen hintermauert oder wenigstens ausgefüllt werden.

Fig. 313.

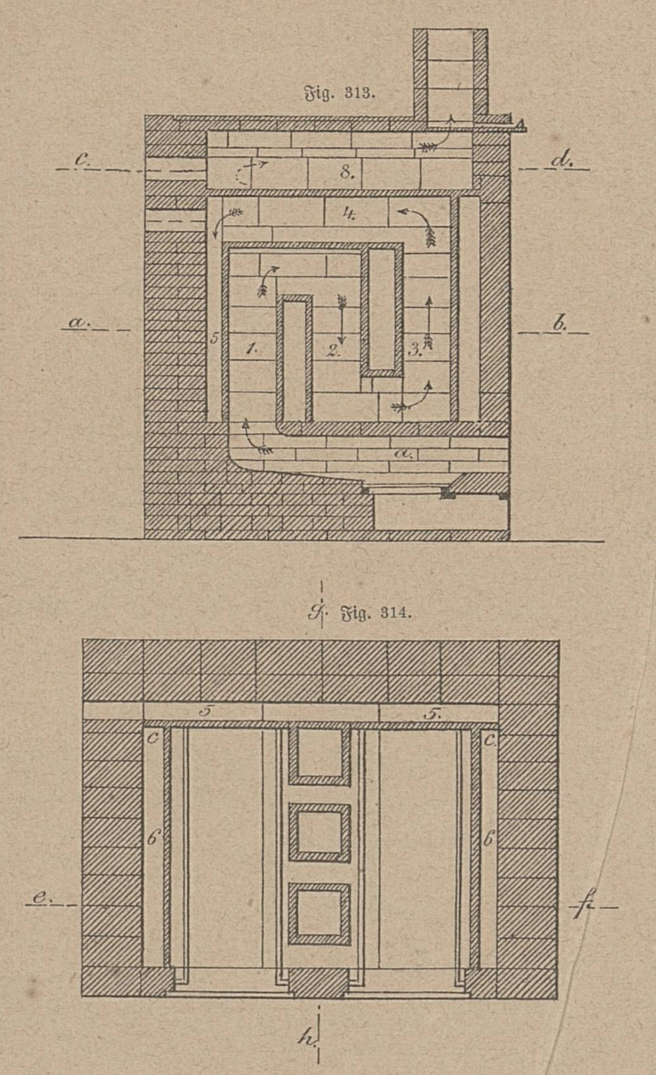


Fig. 314.

In den Fig. 309 bis 312 geben wir das Beispiel einer einfachen Darre, welche in der Art der Feuerung und der Anlage der Feuerzüge ganz derjenigen eines Küchenbratofens mit selbständiger Feuerung ähnlich ist.

Fig. 309 stellt nun den Längenschnitt des Darrofens nach der Linie *ef*, Fig. 310 den Querschnitt desselben nach der Linie *gh* des Grundrisses Fig. 311 dar; während wir in Fig. 311 den Grundriß durch den Darrraum nach der Linie *ab* der Fig. 309 und in Fig. 312 einen Grundriß über dem Darrraume nach der Linie *cd* der Fig. 309 dargestellt haben. Die Art der Anlage des Darrofens ist aus den Beizeichnungen wol genügend zu ersehen. Wir haben darin den Aschenfall mit 1, den Feuerraum mit 2, den Darrraum mit 3 und die Feuerzüge mit 4, 5, 6, 7 und 8 bezeichnet. Die Hitze streicht vom Feuerraume 2 aus in dem Kanal 4 aufwärts bis zur Decke, geht sodann durch zwei Oeffnungen an der Unterkante des Darrraumes in die Züge 5, durchstreicht dieselben in diagonaler Richtung *a*, tritt durch die Oeffnungen 6 an der Decke des Darrraumes aus, geht durch die Züge 7 beiderseits nach dem Mittelkanale 8 und von diesem nach dem Schornstein.

Wo das Darren von Obst in größerem Maßstabe betrieben werden soll, empfiehlt sich die Anlage von doppelten Obstdarren, wovon wir ein Beispiel in den Fig. 313 bis 316 dargestellt haben. Fig. 313 giebt den Durchschnitt einer solchen doppelten Darre durch die Mitte nach der Linie *gh* des Grundrisses Fig. 314, Fig. 314 den Grundriß nach der Linie *ab* der Fig. 313, Fig. 315 den Durchschnitt nach der Linie *ef* der Fig. 314 und endlich Fig. 316 den Grundriß über der Darre nach der Linie *cd* der Fig 313. Bei dieser Darranlage liegen die Darrräume *bb* zu beiden Seiten des inmitten des Ofens angelegten Feuerraumes *a* (Fig. 315). Die in dem Feuerraume entwickelte Hitze zieht durch den Kanal 1 Fig. 313 aufwärts, von da nach dem Kanal 2 abwärts, und steigt im Kanal 3 wieder aufwärts bis zu dem horizontalen Kanal 4, von welchem sie in den Zügen 5 Fig. 315 abwärts zieht und durch die beiden Oeffnungen *cc* in die Kanäle 6, 6 tritt. In den Kanälen 6, 6 zieht sie wieder diagonal aufwärts nach den Oeffnungen *dd* Fig. 316 an der Vorderseite des Ofens, tritt hier aus und zieht über der Decke des Darrraumes durch die Kanäle 7, 7 nach dem Mittelkanale 8 und von diesem in den Schornstein *e*.

Malzdarren. Die gebräuchlichsten Anlagen zum vollständigen Austrocknen — Darren — des Malzes sind die Feuer- oder Rauchdarren und die Röhren- oder Luftdarren.

Die Einrichtung der Feuer- oder Rauchdarren ist gewöhnlich die, daß von einer unterhalb der Malzdarre angelegten Feuerung aus die Hitze sammt Rauch in einen horizontalen Kanal geführt wird, über welchem die Horden der Darre angebracht sind. In Fig. 317 geben wir den Querschnitt und in Fig. 318 den Längenschnitt einer solchen Darre.

Die Hitze strömt von der Darrfeuerung her durch den Schornstein *a* in den horizontalen Kanal *b*, von wo sie sich durch die seitlich angebrachten Oeffnungen in den Raum *c* unter den Darrhorden verbreitet. *dd* ist eine Ummauerung von Backsteinen, welche ringsum über die Darrhorden um den Rand *e* erhöht wird, damit das zu dörrende Malz nicht von denselben herabfallen

kann. Der Feuerkanal *b* ist durch Dachziegel schräg abgedeckt, um das Anbrennen der etwa durchfallenden Malztheile zu verhüten. *ff* sind Trageisen zur Unterstützung der Horden, und die Horden selbst sind mit *g g* bezeichnet.

Fig. 315.

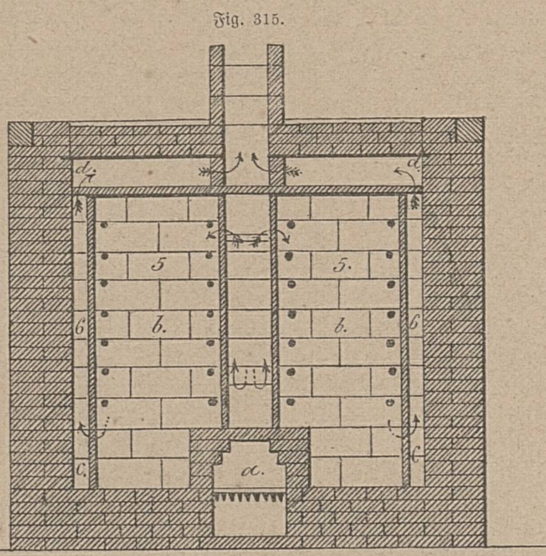


Fig. 316.

Die Luftdarren oder Röhrendarren sind entweder so eingerichtet, daß in einer besonders hierzu angelegten Heizkammer von außen zugeführte Luft erwärmt und dann der Darre zugeführt wird, oder daß die Darre durch einen Heizofen mit untergeführten Heizröhren direkt erwärmt wird; oder aber es wird die abgehende Hitze der Kesselfeuerung zugleich zur Heizung der Darre benutzt.

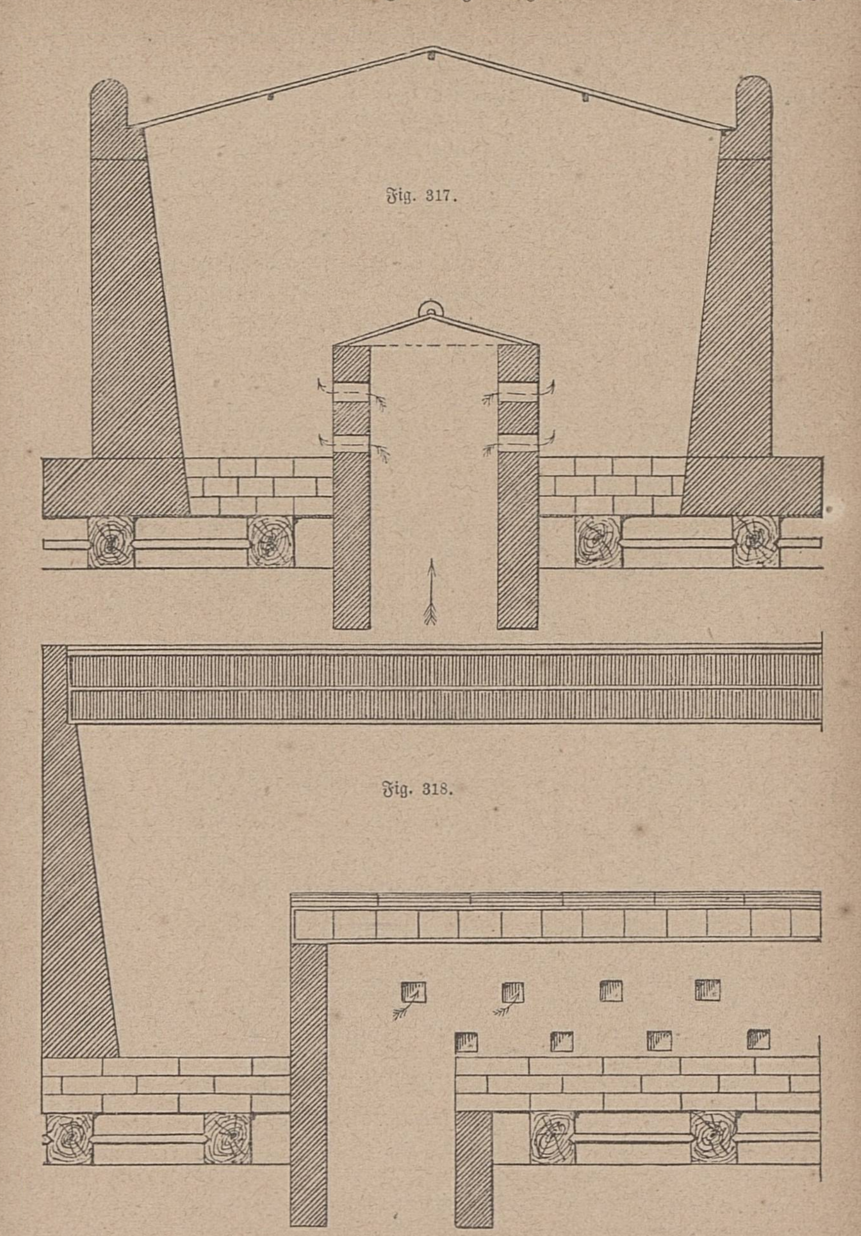


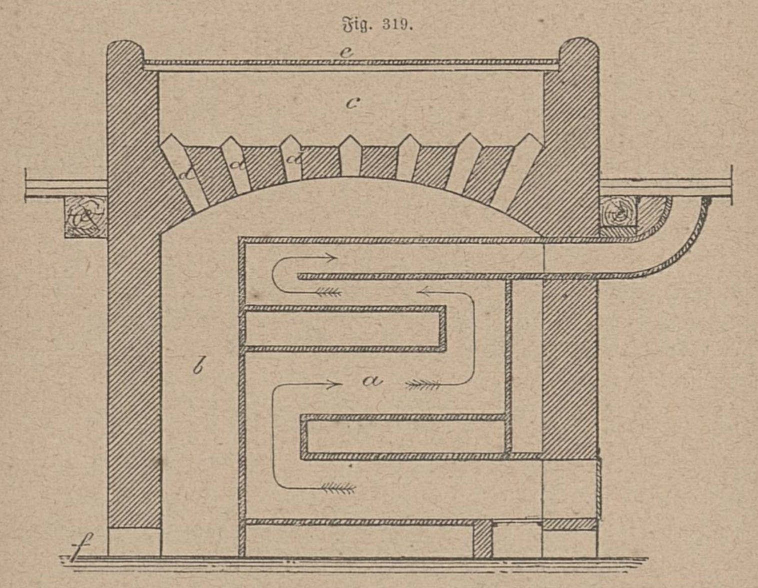
Fig. 317.

Fig. 318.

In letzterem Falle ist es aber immer rathsam, noch eine besondere Darrfeuerung mit anzulegen, welche das Darren ermöglicht, wenn die Kesselfeuerung einmal nicht im Gange sein sollte.

In Fig. 319 geben wir ein Beispiel der ersteren Anlage im Querschnitt. In einer überwölbten und mit Luftdurchströmungsöffnungen *d d* versehenen Heizkammer *b* steht ein Cirkulirofen *a*, durch welchen die durch die Zuführungskanäle *f f* hinzugeführte Außenluft erwärmt und in den Raum *c* unter den Darrhorden *e e* geführt wird. Der Cirkulirofen ist hier einfach gemauert angenommen. Der Verbrauch an Brennmaterial bei dieser Anlage ist ein bedeutender, dagegen liefert dieselbe ein sehr gleichmäßiges und helles Malz, und ist für das verschiedenste Brennmaterial anwendbar, vorausgesetzt, daß der Ofen hiernach eingerichtet wird.

Fig. 319.



Eine Luftdarre ohne besondere Heizkammer mit einem Ofen, welcher die Hitze dem Darrraume durch Röhren unmittelbar zuführt, also eine Röhrendarre, geben wir in den Fig. 320, 321 und 322; und zwar ist in Fig. 320 der Grundriß über dem Herde, in Fig. 321 der Grundriß auf der Höhe der Horden und in Fig. 322 der Querschnitt dieser Malzdarre dargestellt. Wir bezeichnen darin mit:

a) den Rost;
b) den Heizofen;
c) Pfeiler, welche die Deckplatten über dem Ofen tragen;
d) Pfeiler unter den Eisenträgern der Darrhorden;

e) Gewölbe um den Ofen;
f) Gang um den Ofen;
g) Herd;
h) Aschenfall;
i) Deckplatte;
k k) Rauchrohre von Gußeisen;
l l) Schornsteine;
m) Darrboden mit dem Zugloch in der Mitte.

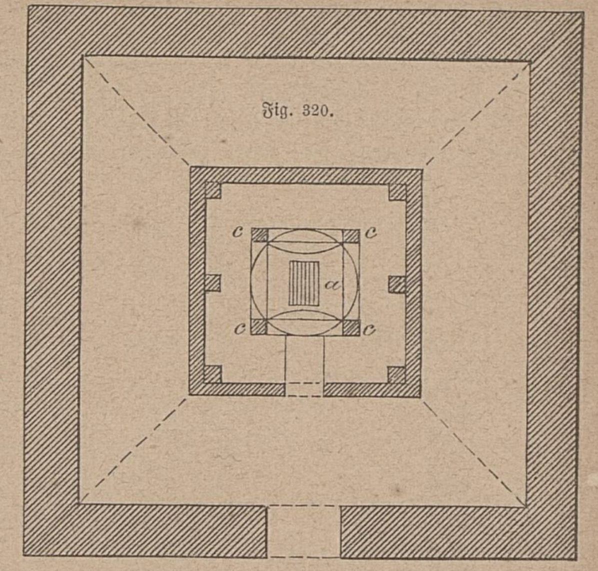


Fig. 320.

Bei dieser Darre geht die in dem Ofen *b* entwickelte Hitze durch die beiden Rauchrohre *k k* schlangenförmig nach Fig. 321 in ansteigender Richtung unter den Trägern der Darrhorden, welche den Boden des Darraumes *m* bedecken, her, und zieht in die beiden Schornsteine *l l*, welche sich weiter oberhalb vereinigen. Für die Ableitung der mit Wasserdämpfen geschwängerten Luft aus dem Darraume ist in der Mitte desselben ein Zugkanal angebracht, welcher über das Dach hervorragt, und zum Schutze gegen Regen und Schnee mit einem Hute versehen wird.

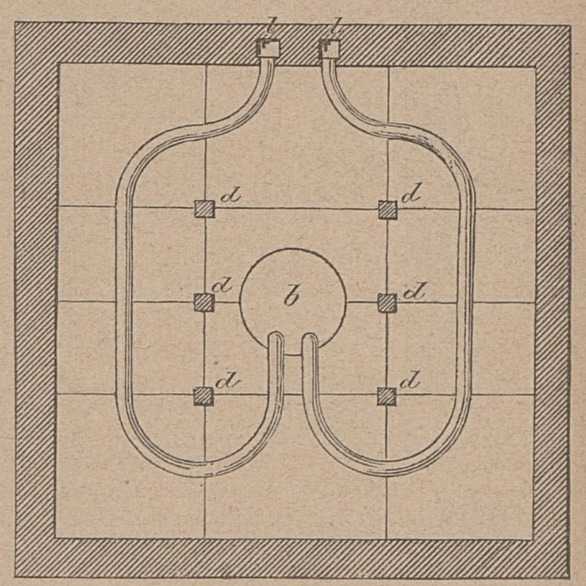


Fig. 321.

Eine einfache Röhrendarre, bei welcher die Darrhorden

pultartig über den Heizröhren angelegt sind, geben wir in den Fig. 323, 324 und 325 im Grundriß, Querschnitt und Längenschnitt. Derartige sogenannte Pultdarren, welche man vornehmlich in Brennereien öfters anwendet, werden entweder durch die abgehende Hitze des Kesselfeuers allein geheizt, oder sie haben außerdem noch eine besondere Heizung, mittels welcher man darren kann, wenn die Kessel nicht im Gange sind oder der Reparatur bedürfen.

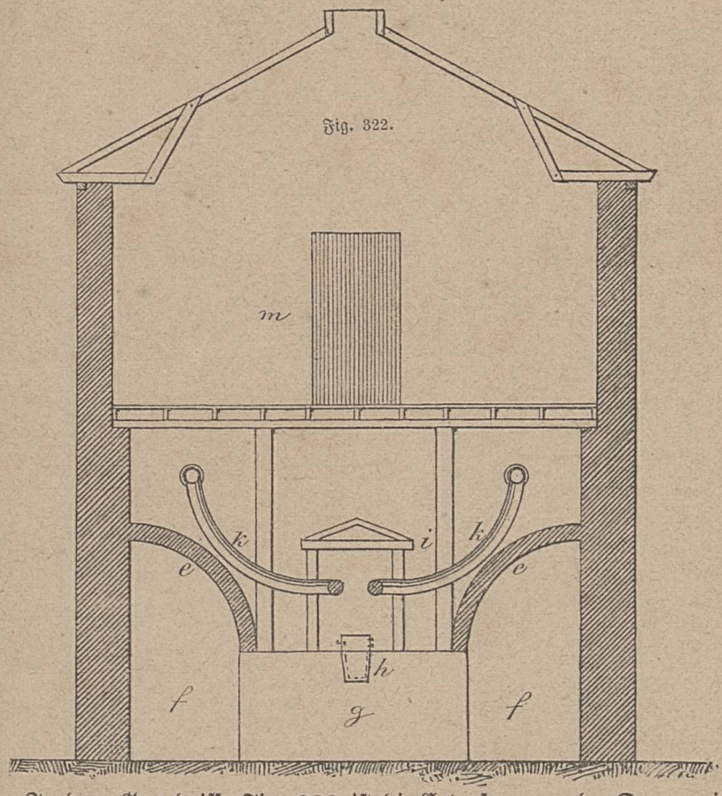
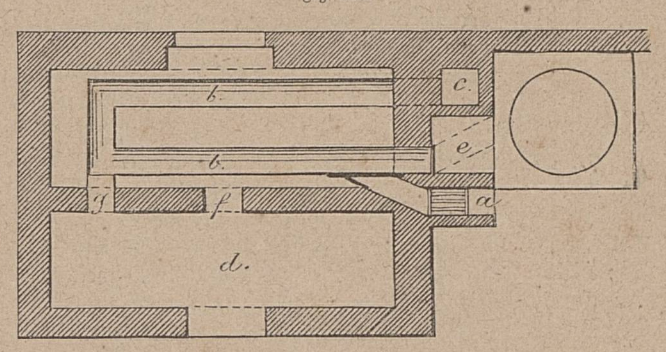


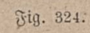
Fig. 322.

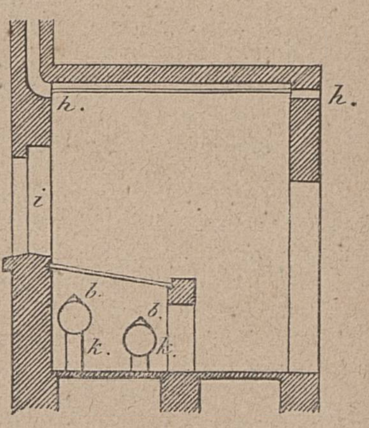
In dem Grundrisse Fig. 323 ist die Extrafeuerung der Darre mit *a*, die Rohrleitung mit *b b*, der Schornstein mit *c* und der Raum vor der Darre mit *d* bezeichnet, während die abgehende Hitze der Kesselfeuerung durch den Kanal *e* in die Rohrleitung eintritt. Durch einen eisernen Schieber kann dieser Kanal abgeschlossen werden, wenn das Kesselfeuer nicht zur Verwendung kommen soll, und ebenso kann durch einen Schieber die Extrafeuerung abgeschlossen werden, wenn nur das Kesselfeuer zur Heizung der Darre benutzt wird. Der Abschluß des Vorraumes *d* vor der eigentlichen Darre — dem

Darrpult — geschieht am besten durch eine 1 Stein starke Backsteinmauer, auf welche sich die eisernen Unterlegschienen der Darrhorden auflegen. In derselben ist in der Mitte die Oeffnung *f*, durch welche man zu den Darrröhren gelangen und die Reinigung derselben vornehmen kann, und die Oeffnung *g* zum Ausputzen der Röhren *b b* vorgesehen, welche durch Thüren von Eisenblech geschlossen werden können.

Fig. 323.




Fig. 324.

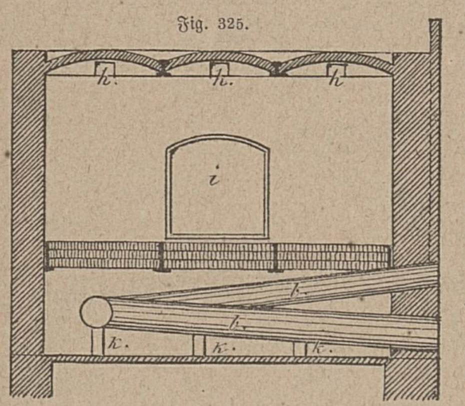


Die Unterstützung der Röhren *b b* geschieht durch Backsteinpfeiler *k k k*, Fig. 325. Der Darrraum selbst ist durch flache Backsteingewölbe überdeckt, Fig. 325, welche auf Eisenschienen gesetzt sind, und die im Scheitel der Wölbungen auf der Langseite angebrachten Ventilationskanäle *h h h* nehmen die in dem Darrraume sich entwickelnden Dünste auf und führen dieselben durch einen Dunstschlot über Dach. Zur Erleuchtung und bequemeren Lüftung des Darraumes ist das Fenster *i*, Fig. 325, an der Langwand desselben angeordnet. Die Röhren *b b* werden meist von Gußeisen, auch von Schwarzblech angewendet; statt dessen kann man aber auch Thonröhren oder Kanäle von unglasirten Kacheln, Thonplatten oder von Backsteinen, auf die hohe Kante gemauert, zur Verwendung bringen. In den letzteren Fällen empfiehlt es sich immer, die Deckung der Kanäle beiderseits schräg abfallend anzuordnen, damit etwa durchfallendes Malz nicht auf denselben liegen bleibt und anbrennt.

Eine vielfach bewährte Anordnung einer Malzdarre für Bierbrauereien

in Verbindung mit dem Braukessel und einer Extrafeuerung, welche wir den Rößler'schen Vorlegeblättern für Handwerkszeichenschulen (Abtheilung Feuerungsanlagen) entnommen haben, geben wir in den Fig. 326, 327, 328 und 329. Die Darre liegt ein Stockwerk höher über dem Braulokal und wird sowol von der abgehenden Hitze des Braukessels, wie auch durch eine Extrafeuerung geheizt, welche im Braulokale dicht bei der Braukesselfeuerung angebracht ist. Aus Fig. 326, welche die perspektivische Ansicht der Darre nebst Braukessel und Darrfeuerung unter Hinwegnahme der Decke und oberen Theile der Umfangsmauern sowie der Darröhren und Darrgeflechte darstellt, ist die Anlage derselben wol genügend zu ersehen. Die Darrfeuerung ist dabei möglichst nahe an die Braukesselfeuerung gerückt, damit der Kanal zur Verbindung der beiden Feuerungen nicht so lang wird. An dem Darrfeuer *a*, Fig. 326, sind zu beiden Seiten des Aschenfalles sowie über dem Schürloch mit *d* bezeichnete Oeffnungen angebracht, durch welche kalte Luft von außen einströmt, welche, in den Kanälen *c c* aufwärts steigend, sich an den inneren Umfangswänden des Darrofens und den aufgesetzten eisernen Röhren erwärmt und oberhalb durch Oeffnungen rings des Rauchrohres *p* in den Darraum eintritt.

Fig. 325.



In Fig. 327 haben wir den Schnitt durch den Schornstein *n* des Braukesselfeuers, den Verbindungskanal *m* und die Darrfeuerung mit dem Rauchrohre *o* dargestellt, während Fig. 328 einen Querschnitt und Fig. 329 einen Grundriß der Darrfeuerung zur Anschauung bringt.

Soll die Darre nur durch die abgehende Hitze der Braukesselfeuerung geheizt werden, so sind Fig. 326 die Schieber *l* und *h* zu schließen und die Schieber *g*, *i* und *k* sowie der Schieber *t* beim Eingang des Rauchkanales *r* in den Schornstein *n* zu öffnen. Die Hitze dringt alsdann durch den Verbindungskanal *m* in das Rauchrohr *o* der Darre und entweicht bei *p* in die Darröhren, geht in Schlangenwindungen in denselben in ansteigender Richtung unter den Darrhorden her und bei *r* in den Rauchkanal, der sie zum Schornsteine *n* führt. Soll die Darrfeuerung allein zum Darren benutzt werden, so ist die Klappe *l* zu öffnen und *k* zu schließen, und endlich, wenn das Braukesselfeuer nicht zum Darren benutzt und nur zur Erhitzung des Kessels dienen soll, schließt man die Klappe *i*, öffnet die Klappen *g* und *h* und schließt durch den Schieber *t* die Einmündung des Rauchkanales der Darre in den Schornstein *n* ab.

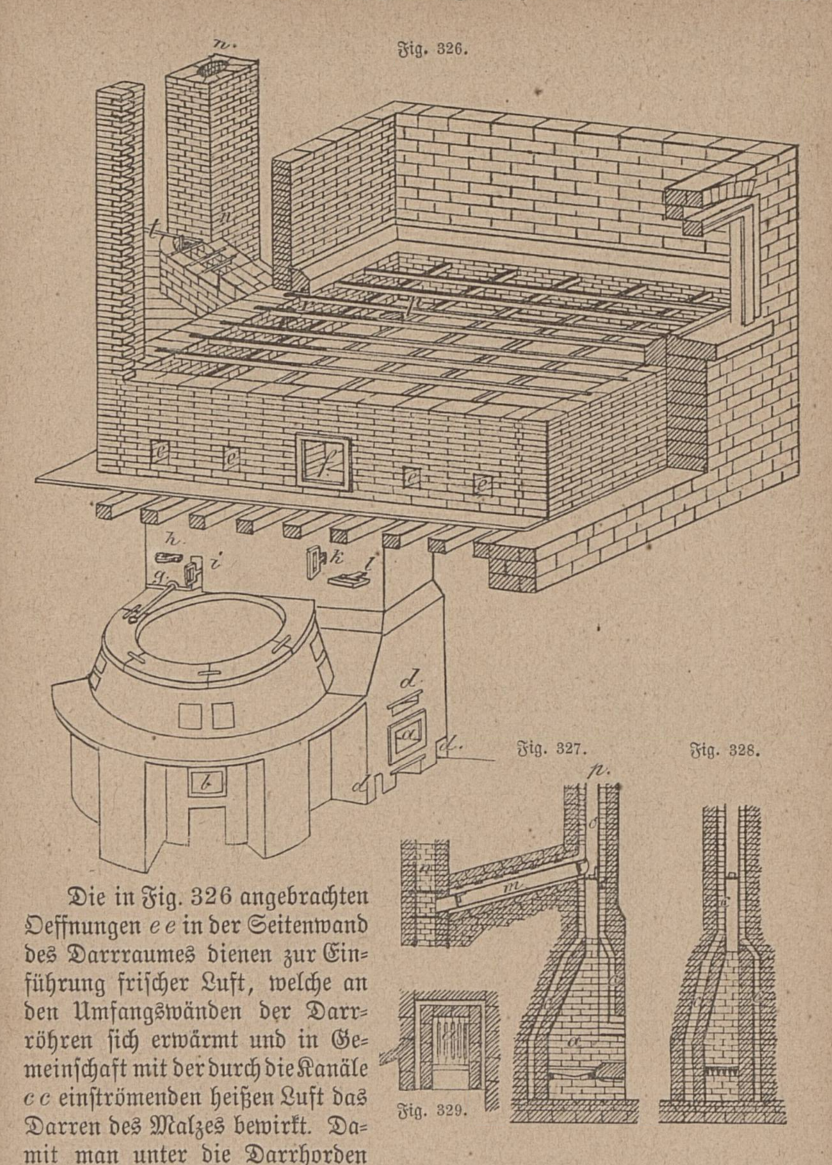


Fig. 326.

Fig. 327. Fig. 328.

Fig. 329.

Die in Fig. 326 angebrachten Oeffnungen *e e* in der Seitenwand des Darrraumes dienen zur Einführung frischer Luft, welche an den Umfangswänden der Darrröhren sich erwärmt und in Gemeinschaft mit der durch die Kanäle *c c* einströmenden heißen Luft das Darren des Malzes bewirkt. Damit man unter die Darrhorden gelangen und die Kanäle reinigen sowie etwa nöthig werdende Reparaturen vornehmen kann, ist weiter die Einsteigöffnung *f* angebracht. Zur Abführung der sich in dem Darraume entwickelnden Dünste ist inmitten der

Decke desselben ein Dunstschlot anzulegen, welcher bis über Dach geführt wird und gegen die Einflüsse der Witterung wohl geschützt sein muß.

Fig. 330.

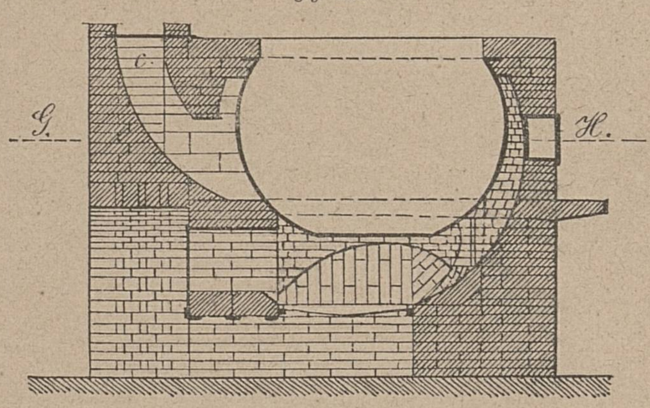
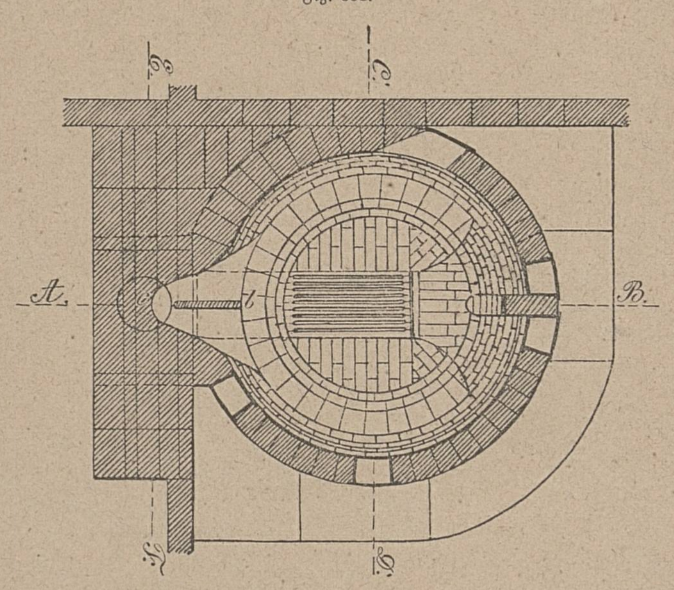


Fig. 331.

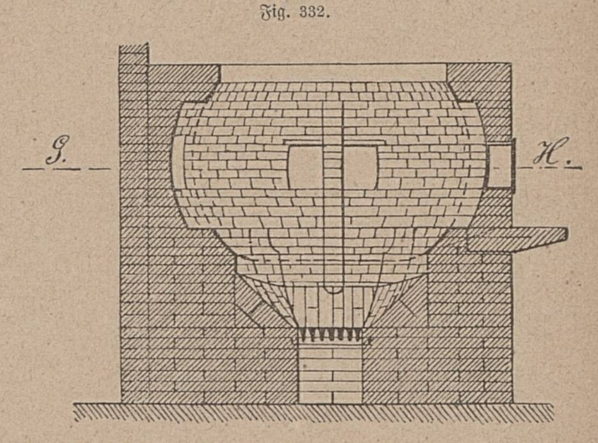


Kesselfeuerungen. Nachdem wir im Anfange dieses Abschnittes die Anlage einiger Kesselfeuerungen betrachtet und die Gesichtspunkte kurz erörtert haben, von welchen aus die zweckmäßige Anordnung derselben zu geschehen

hat, bleibt uns noch die Besprechung einiger speziellen Beispiele für den Siederei-, Brauerei- und Brennereibetrieb, welche wir nunmehr folgen lassen.

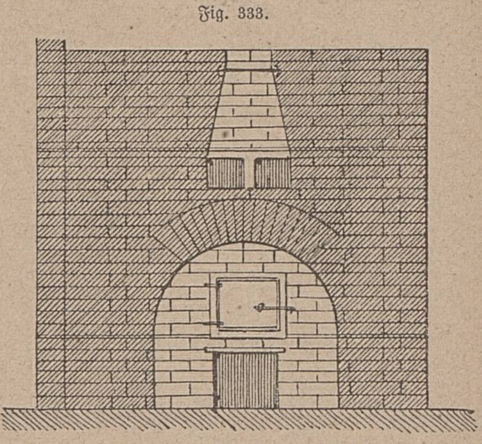
Eine Kesselfeuerung für eine Siederei oder Brauerei mit gespaltenem Feuer, welches den Kessel in seiner ganzen Höhe umzieht und bei welcher der Schornstein direkt über der Feuerung angebracht ist, geben wir in den Fig. 330, 331, 332 und 333; und zwar ist in Fig. 330 ein Schnitt nach der Linie *A B* des Grundrisses Fig. 331; Fig. 331 ein Grundriß nach der Linie *G H* Fig. 330; Fig. 332 ein Querschnitt nach der Linie *C D* der Fig. 331, und endlich Fig. 333 ein Schnitt nach der Linie *E F* Fig. 331 durch den Schornstein mit der Ansicht der Schüröffnung dargestellt.

Fig. 332.



Da der Schornstein bei dieser Kesselanlage über der Schüröffnung sich befindet, so mußte derselbe auf ein Gewölbe gesetzt werden, welches diese Oeffnung überspannt, wie dies aus Fig. 333 ersichtlich ist. Die Anlage des eigentlichen Feuerraumes ist genau dieselbe wie bei den früher betrachteten Kesselanlagen. Die heiße Luft umzieht und erwärmt den Kesselboden, wird hinter dem Roste durch die Zunge *a* getheilt, durchzieht dann die beiden Seitenkanäle auf die ganze Höhe der Kesselwandung und streicht beiderseits der Zunge *b* in den Schornstein *c*. Die beiden Zungen *a* und *b* könnten weggelassen werden, wenn die Kanäle von ganz genau gleichen Dimensionen, sowol in der Länge als auch im jeweiligen Querschnitt, angelegt würden, was uns jedoch nur bei der gewissenhaftesten Ausführung rathsam erscheint.

Fig. 333.



Eine der vorbeschriebenen Kesselfeuerung ähnliche Anlage einer Bierpfanne, bei welcher der Schornstein sich ebenfalls über der Schüröffnung erhebt, geben wir in den Fig. 334, 335, 336 und 337.

Die heiße Luft bestreicht den ganzen Boden der Pfanne, wird durch die hintere Zunge getheilt, umspielt die Seitenwände und tritt alsdann auf der Vorderseite der Pfanne in den Schornstein *i* ein. Fig. 334 giebt den Durchschnitt dieser Pfannenanlage nach der Linie *A B* des Grundrisses Fig. 335; Fig. 335 den Grundriß nach der Linie *CD* Fig. 334; Fig. 336 den Querschnitt nach der Linie *E F*. Fig. 335 und Fig. 337 den Schnitt nach der Linie *G H* in Fig. 335 durch den Schornstein und die Schüröffnung, woraus wol die Anlage dieser Pfannenfeuerung genügend zu ersehen ist. — Kessel für Branntweinbrennereien werden meistentheils so angelegt, daß die in dem Feuerraume entwickelte Hitze, nachdem sie den Kesselboden erwärmt hat, den Kessel nach beiden Seiten gleichmäßig umzieht, man setzt sie auf doppeltes Lauffeuer, damit die entwickelte Hitze möglichst gleichmäßig ausgenutzt wird.

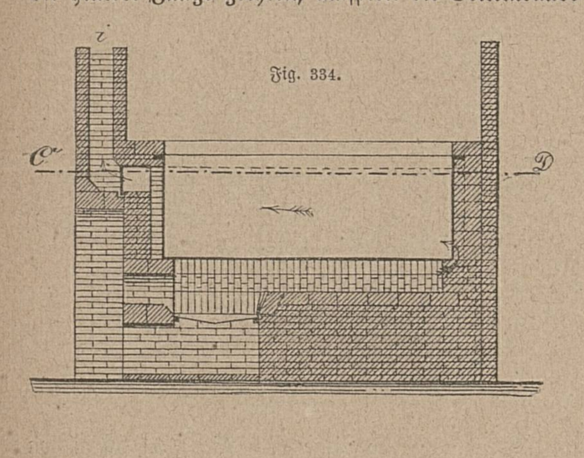


Fig. 334.

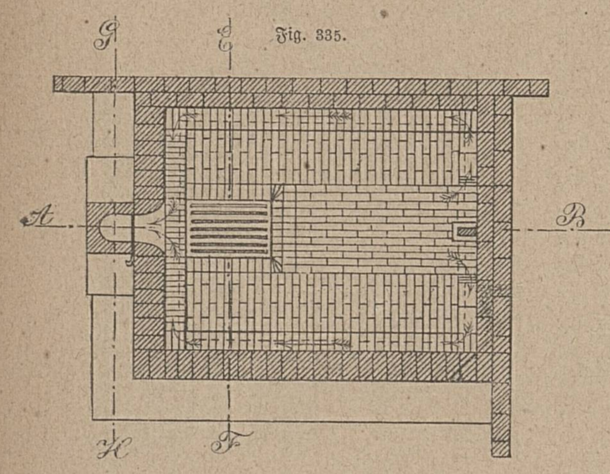


Fig. 335.

Das Beispiel der Anlage eines Branntweinkessels mit doppelten Heizkanälen für Steinkohlenbrand, bei welchem der Schornstein sich der Heizöffnung gegenüber befindet, geben wir in den Fig. 338, 339, 340 und 341.

Es ist dabei in Fig. 338 der Grundriß dieser Kesselanlage nach der Linie *EF* der Fig. 339; in Fig. 339 der Querschnitt derselben nach der Linie *AB* Fig. 338; in Fig. 340 der Längenschnitt nach *CD* der Fig. 338

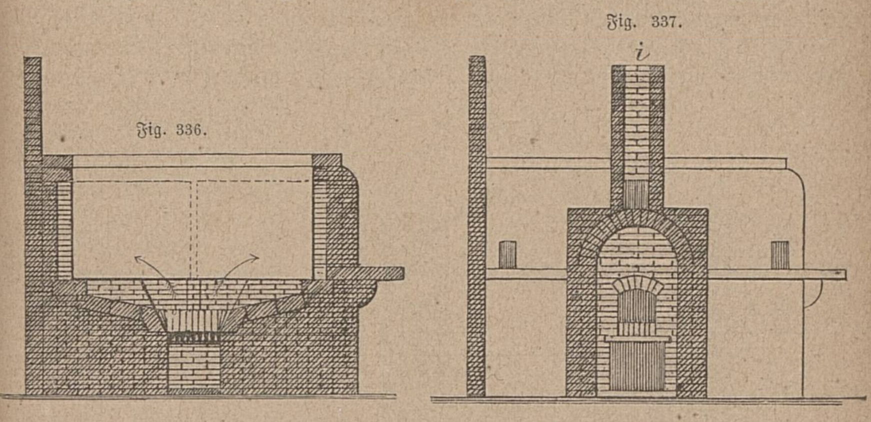


Fig. 336. Fig. 337.

und in Fig. 341 der Grundriß nach der Linie *GH* der Fig. 339 zur Darstellung gebracht. Die Höhe des Kessels bedingte bei dieser Anlage ein Tieferlegen des Aschenraumes unter den Boden des Lokals und die Ueberdeckung desselben mit einem eisernen Roste.

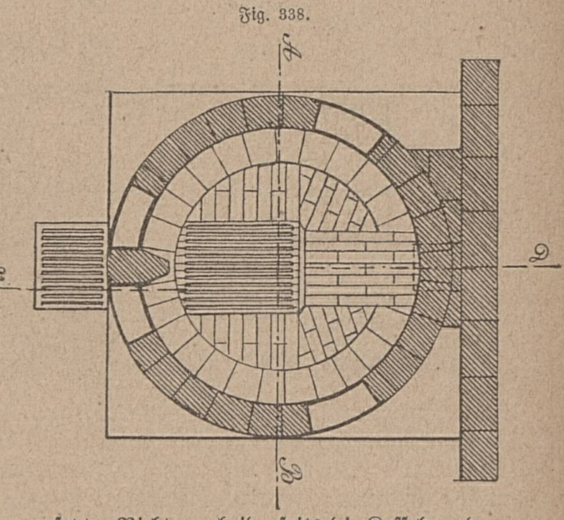


Fig. 338.

Die in dem Feuerraume entwickelte Hitze bestreicht den ganzen Boden des Kessels, tritt der Heizöffnung gegenüber in die unteren Seitenkanäle ein und umspielt die Seitenwände des Kessels bis zu der über der Heizöffnung angelegten Zunge. Seitlich dieser Zunge sind Oeffnungen in der Kanaldecke angebracht, durch welche die Hitze alsdann in die oberen Seitenkanäle eintritt, in denselben in entgegengesetzter Richtung beiderseits die Kesselwandung umzieht und der Heizöffnung gegenüber in den Schornstein entweicht.

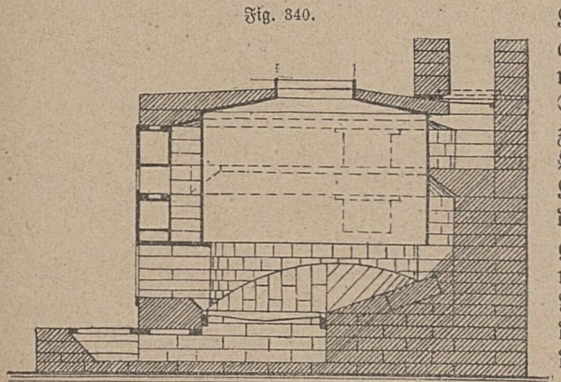
Einen Branntweinkessel für Holzfeuerung, bei welchem unter dem Kesselboden noch besondere Feuerzüge zur möglichsten Ausnutzung des Feuers

angebracht sind, geben wir noch in den Fig. 342, 343, 344 und 345. Wir haben Fig. 342 einen Querschnitt der Kesselanlage durch die Mitte, Fig. 343 einen Grundriß derselben unterhalb des Kessels, Fig. 344 einen Längenschnitt durch die Mitte und in Fig. 345 einen Grundriß über der Feuerung durch den Kessel und die unteren Seitenkanäle dargestellt. Daß der Schornstein sich über der Schüröffnung befindet, unterscheidet diese Kesselanlage wesentlich von der vorherbesprochenen.

Fig. 339.

Die Hitze zieht von dem Feuerraum gerade aus und wird Fig. 343 durch Zungen beiderseits in die Seitenzüge gewiesen, von welchen sie links und rechts der Schüröffnung durch Oeffnungen in der Kanaldecke in die unteren Seitenkanäle eintritt. In diesen Kanälen umzieht die Hitze die Kesselwände und wird auf der der Schüröffnung entgegengesetzten Seite durch eine Mittelzunge mit beiderseitigen Oeffnungen in der Kanaldecke aufwärts in die oberen Seitenkanäle gewiesen, in welchen sie nach entgegengesetzter Richtung die Kesselwandung umzieht. Ueber der Schüröffnung vereinigen sich alsdann die beiden Kanäle, und es entweicht der Rauch nach dem Schornsteine Fig. 344.

Fig. 340.



Die vorbeschriebenen Kesselfeuerungen, welche sich in der Ausführung vielfach bewährt haben, sind den Rößler'schen Vorlagen für Handwerkszeichenschulen, Abtheilung Feuerungsanlagen, entnommen.

Backöfen. Die einfachen, auf dem Lande noch zumeist gebräuchlichen Backöfen haben die Einrichtung, daß der Backraum, ein flaches, nach hinten ansteigendes Gewölbe, durch ein Flackerfeuer von Holz, Torf rc. bis zu dem zum Backen nöthigen Hitzgrade erwärmt, alsdann die Kohlen und Reste des

Brennmaterials daraus entfernt und hierauf die Backwaare zum Backen eingebracht und die Backofenthür sowie der Schornstein gegen außen abgeschlossen werden.

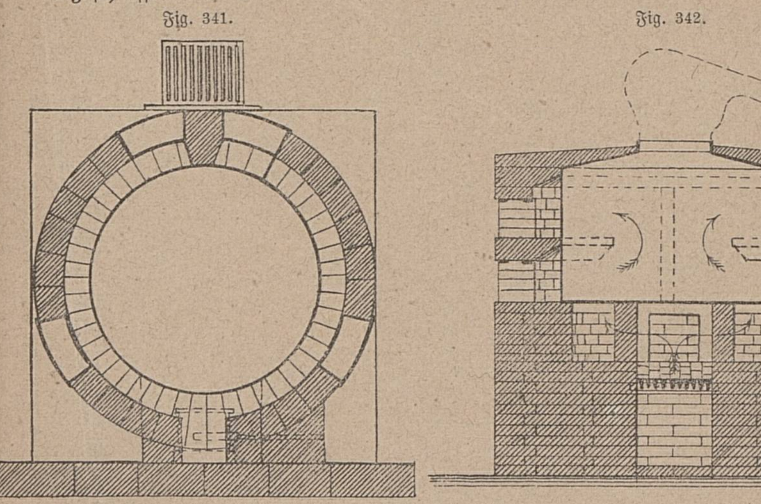


Fig. 341. Fig. 342.

Ein Beispiel dieser einfachsten Art von Backöfen geben wir in den Fig. 346, 347, 348 und 349, und zwar ist in Fig. 346 ein Schnitt nach der Linie *EF* der Fig. 347, in Fig. 347 ein Grundriß durch den Backofenraum, Fig. 348 ein Schnitt durch den Schornstein mit der Ansicht der Vorderseite des Ofens und endlich Fig. 349 ein Querschnitt nach der Linie *CD* des Grundrisses Fig. 347 dargestellt. Die Bestandtheile dieses Ofens sind in den dargestellten Figuren mit Buchstaben bezeichnet, und zwar ist:

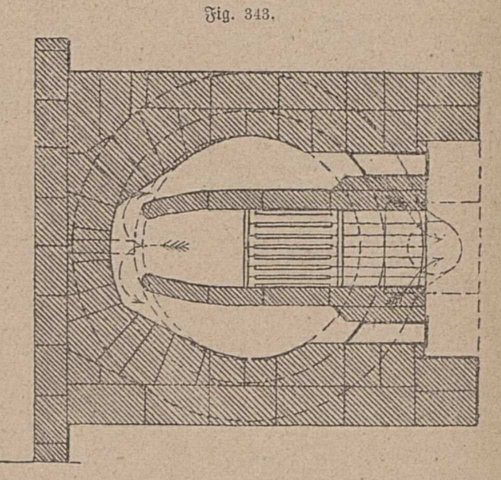
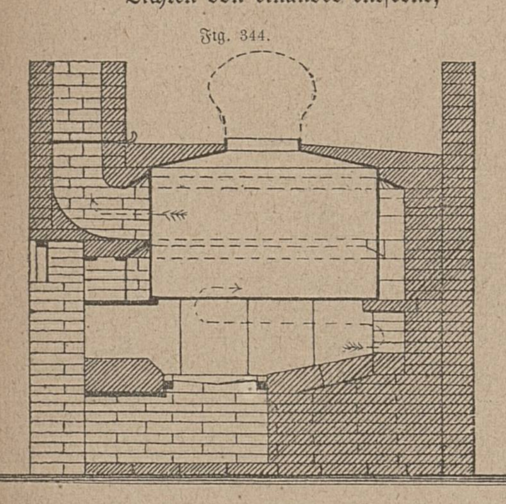


Fig. 343.

a) der überwölbte Raum für die Asche;
b) der Backofenraum;
c) der Herd von $12\frac{1}{2}$ cm dicken Tuffsteinplatten;
d) Der Kranz von Tuffsteinen zur Widerlage des Gewölbes;

e) das Backofengewölbe von ungebrannten Lehmsteinen;
f) das Mundloch mit Bodenplatte, Gewänden und Sturz von Tuffsteinen;
g) drei Zugkanäle, je $^{15}/_{15}$ cm im Querschnitt und je 25 cm im Lichten von einander entfernt;

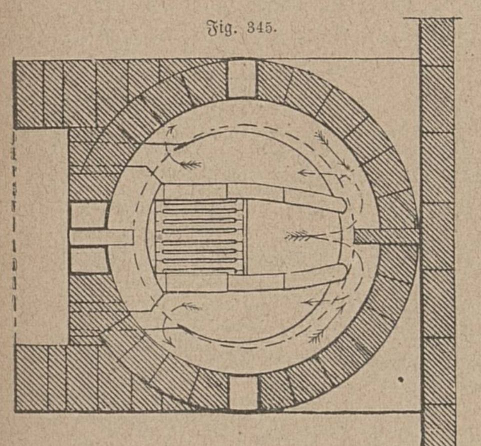
Fig. 344.



h) der Schornstein, welcher unterhalb durch einen Schieber von Eisenblech abgeschlossen werden kann, und sich nach oben zur Weite eines gewöhnlichen Schornsteins verengt;
i) die Tragsteine, auf welchen der Schornstein aufgesetzt ist;
k) das Leuchtloch von $12^1/_2$ cm Weite, welches zur Beobachtung des Backens dient.

Der Boden des Backraumes, der sogenannte Herd, ist in ansteigender Richtung gelegt, und es beträgt gewöhnlich die Steigung desselben $^1/_7$ der Länge des Herdes.

Fig. 345.



Wo das Backen als Gewerbe betrieben wird, genügt die vorbeschriebene einfache Anlage des Backofens nicht, und es muß dann die Konstruktion desselben dahin abgeändert werden, daß man unterhalb des Backraumes in ununterbrochener Folge nachfeuern kann. Man bezeichnet derartige Backöfen als solche mit Nachfeuerung.

Einen Backofen mit Nachfeuerung für Holzbrand haben wir in den Fig. 350 bis 357 in den Grundrissen und Durchschnitten dargestellt und zwar giebt:

Fig. 350 den Durchschnitt nach der Linie *A B* der Fig. 353 mit der vorderen Ansicht des Backofens;

Fig. 351 den Vertikalschnitt nach der Linie CD der Fig. 352;

Fig. 352 den Vertikalschnitt zur Hälfte durch die Mitte des Ofens nach EF der Fig. 353 und zur andern Hälfte dicht an der hintern Umfangsmauer des Ofens genommen;

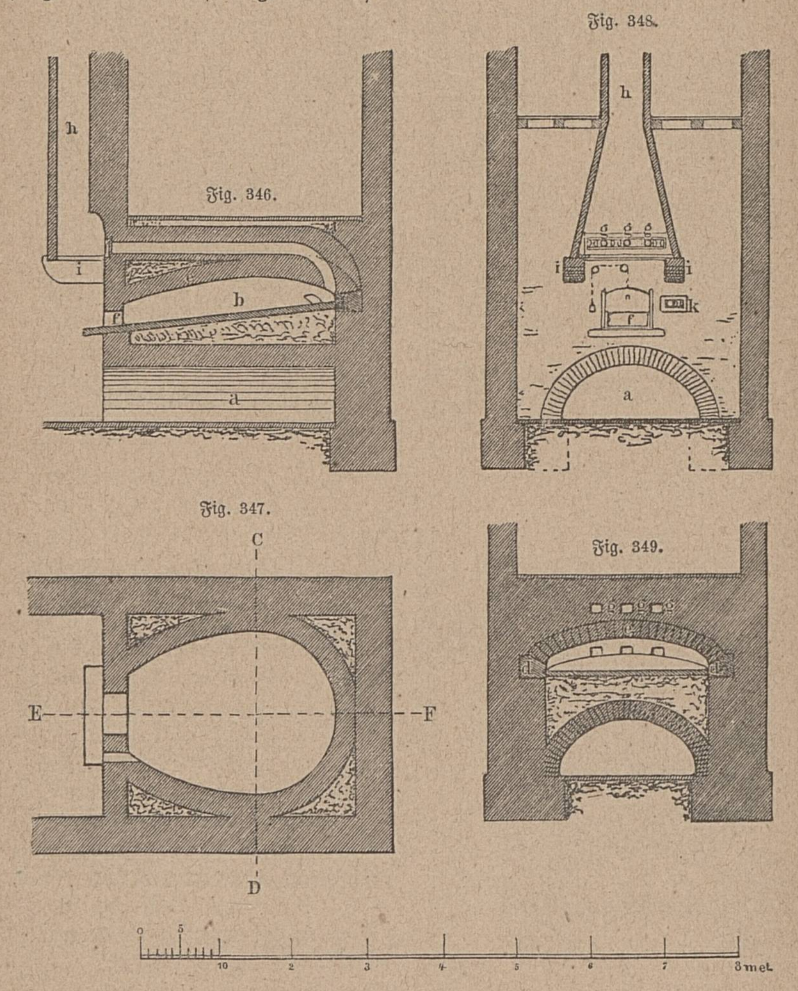


Fig. 346.

Fig. 347.

Fig. 348.

Fig. 349.

Fig. 353 einen Längendurchschnitt durch die Mitte des Ofens nach der Linie GH des Grundrisses;

Fig. 354 einen Grundriß des Ofens durch die Nachfeuerung nach der Linie JK der Fig. 353 genommen;

Fig. 355 einen Grundriß durch den Backraum nach der Linie *LM* der Fig. 353;

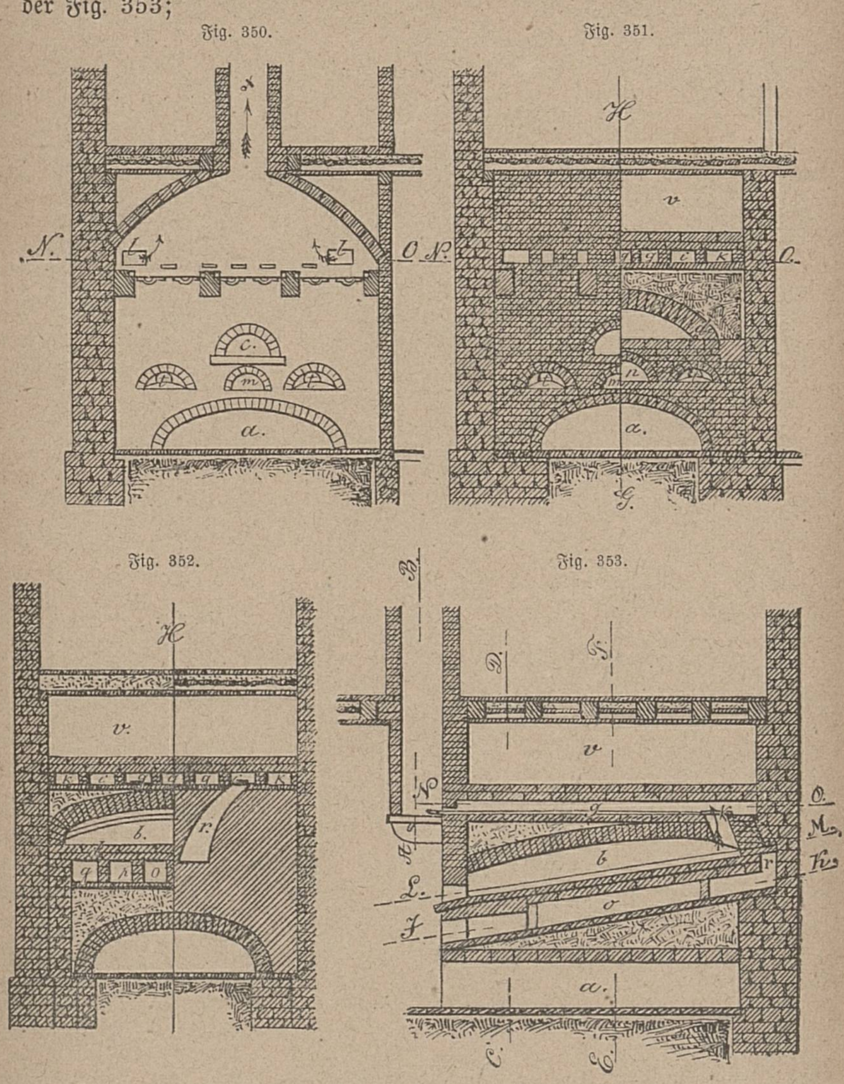

Fig. 350. Fig. 351. Fig. 352. Fig. 353.

Fig. 356 eine Untersicht des Gewölbes über dem Backraume; und endlich:

Fig. 357 einen Grundriß des Ofens durch die Zugkanäle nach der Linie *NO* der Fig. 353 genommen.

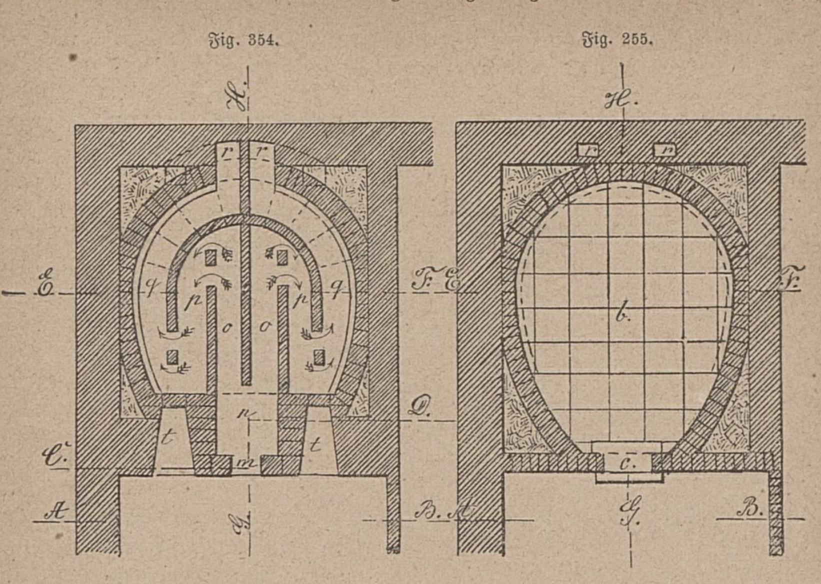


Fig. 354. Fig. 255.

Fig. 356.

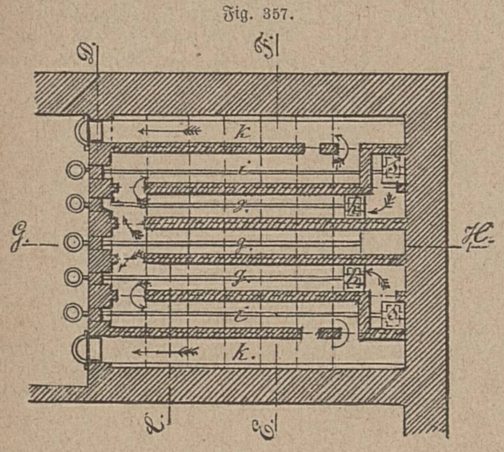
In den beistehenden Figuren sind die bemerkenswerthen Theile des Backofens mit Buchstaben bezeichnet, und zwar ist:

a der Aschenraum; *b* der Backraum; *c* das Mundloch desselben; *d* die Sohle des Backraumes oder der Herd; *d'* der Ring, auf welchen sich das Backofengewölbe aufsetzt; *e* das Backofengewölbe.

Drei Kanäle *f f f* erheben sich an der hintern Seite des Backraumes und vereinigen sich mit horizontalen Zügen *g g g*; von welchen die Hitze durch die Kanäle *i i* wieder nach hinten und weiter durch die Kanäle *k k* nach vorn zu den Oeffnungen *l l* und durch diese dem Schornsteine zugeführt wird. Die Nachfeuerung *n* ist mit der Schüröffnung *m* auf der Vorderseite des Ofens direkt unter der Mundöffnung *c* des Backraumes angebracht. In dieselbe wird das Feuer aus dem Backofen gebracht, sobald es in

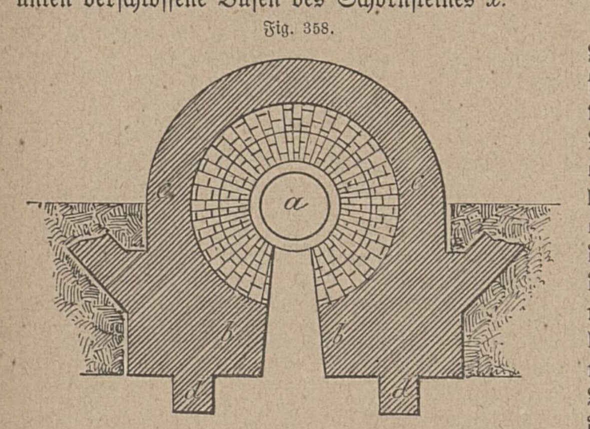
demselben zu Kohle verbrannt ist. Aus dem Grundrisse Fig. 353 ist die Anlage der Nachfeuerung und ihrer Kanäle genau zu ersehen. Aus dem Feuerraume *n* zieht die Hitze durch die Kanäle *o o*, geht links und rechts in die Kanäle *p p*, zieht in denselben nach vorn und durch die Kanäle *q q* wieder rückwärts, von wo sie durch die Kanäle *r r* aufwärts nach den Kanälen *g*, *i* und *k*, in diesen den Backraum umzieht und durch die Oeffnungen *l l* in den Schornstein entweicht. Die Kanäle *g g g* können durch Schieber *h h h* gegen den Backraum abgeschlossen werden, so lange die Nachfeuerung im Gange ist, und ebenso sind durch die Schieber *s s* die Kanäle *r r* der Nachfeuerung abzuschließen, wenn im Backraume selbst geheizt wird. Ueber dem Backofen befindet sich ein Darrraum *v*, welcher durch eine Thür mit der Backstube in Verbindung steht. *t t* sind die Putzöffnungen für die Kanäle *p* und *q* der Nachfeuerung und *w* der von unten verschlossene Busen des Schornsteines *x*.

Fig. 357.



Kalköfen. Das Brennen der Kalksteine geschieht entweder in Gruben, Meilern oder Feldöfen, oder in eigens hierzu erbauten Kalköfen, welche, je nachdem man nur periodisch oder in immerwährender Folge brennen will, und je nach der Art des zur Verwendung kommenden Brennmaterials verschieden konstruirt werden. Einen einfachen Kalkofen für periodischen Betrieb geben wir in Fig. 358 im Grundriß, Fig. 359 im Querschnitt und Fig. 360 in der Ansicht. Wie wir dies im Grundrisse schraffirt angegeben haben, wird ein solcher Ofen wenn möglich am Abhange eines Hügels

Fig. 358.



in die Erde eingegraben, so daß er mindestens zur Hälfte seines Umfanges von Erde umgeben ist, und nur die Vorderseite mit der Schüröffnung frei zu stehen kommt. Die runde Querschnittsform, welche wir in unserem Beispiele angenommen haben, ist für die Haltbarkeit sowol wie für die Benutzung des Ofens die praktischste; es werden jedoch auch manchmal solche mit viereckigem Querschnitte angelegt, besonders wenn man mehrere dieser Oefen neben einander in Betrieb setzen und an Mauerwerk sparen will. Wir haben in Fig. 358 die Umfangsmauern des Ofenschachtes mit *c*, den Herd des Ofens mit *a*, die Vorderwand des Ofens mit *b* und die Strebepfeiler mit *d d* bezeichnet.

Aus dem Querschnitt des Ofens Fig. 359 ist zu ersehen, wie die Schachtmauern angelegt sind, so daß der Ofenraum eine eiförmige Gestalt

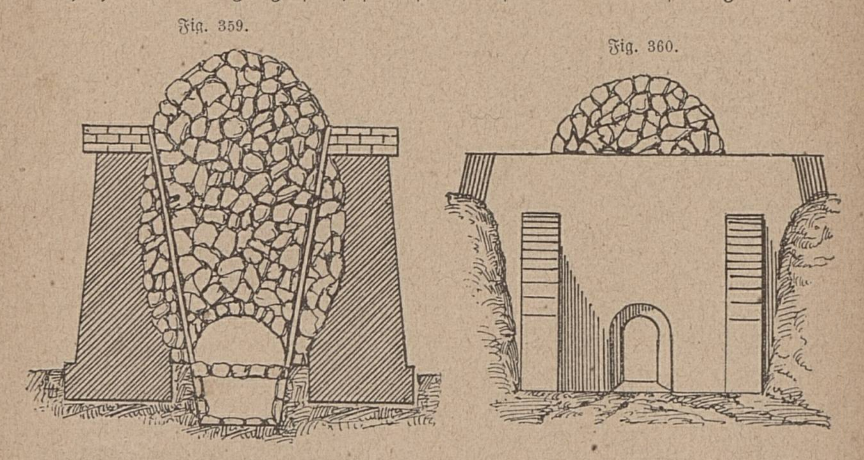


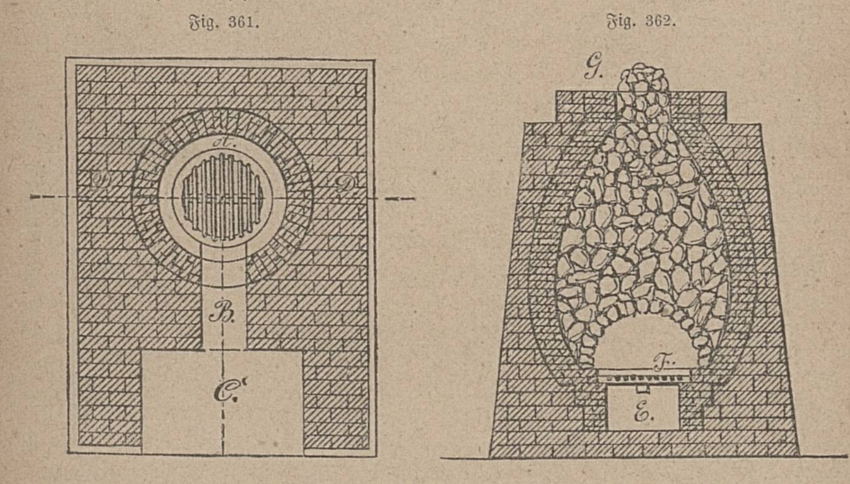
Fig. 359. Fig. 360.

erhält, welche die Hitze nöthigt, das an den Wänden lagernde Kalksteinmaterial gar zu brennen. Bei der Beschickung des Ofens wird über dem vertieften Herdraume *a* inmitten des Ofens ein Gewölbe aus größeren Kalksteinen aufgesetzt, unter welchem das Brennmaterial eingebracht wird und zur Verbrennung gelangt, und über diesem alsdann die Kalksteine aufgeschichtet, wobei darauf zu sehen ist, daß immer genügender Raum für den Durchzug des Feuers verbleibt. Man legt wol auch Holzstücke *e e* in der Nähe der Seitenwände des Ofens ein, um nach erfolgtem Verbrennen derselben Zugöffnungen zu erhalten, welche die Hitze mehr gegen die Seitenwände des Ofens leiten. — Einen periodischen Kalkofen für Steinkohlen-, Braunkohlen- und Torfbrand geben wir in den Fig. 361 und 362 im Grundriß und Querschnitt. Auch dieser Ofen ist wenn möglich an einer Berglehne aufzuführen, damit die Beschickung desselben erleichtert wird. In dem Grundrisse Fig. 361, welcher in der Höhe des Rostes angenommen ist, haben wir den Schachtraum des Ofens mit *A*, die Schür- und

Auszugsöffnung mit B, den Vorraum mit C und die Umfangswände des Ofens mit D bezeichnet. Wie bei dem vorher beschriebenen Ofen für Holzbrand, ist die Schachtöffnung dieses Ofens von eiförmiger Gestalt, jedoch gegen oben stärker zusammengezogen, und es sind die Innenwände des Schachtes sowie die Feuerung bis zum Aschenfall mit sorgfältig gebrannten Backsteinen umkleidet, wogegen das übrige Mauerwerk aus Bruchsteinen hergestellt ist. In dem Querschnitte Fig. 362 ist der Aschenraum mit E, der Rost mit F und die Gichtöffnung des Ofens mit G bezeichnet.

Bei dem Einsetzen der Kalksteine wird zuerst über dem Roste F das Feuergewölbe aus größeren Kalksteinstücken sorgfältig aufgesetzt, und alsdann die Einfüllung des Ofens vorgenommen. Alle die vorerwähnten Kalköfen mit periodischem oder unterbrochenem Betriebe müssen nach jedem

Fig. 361. Fig. 362.



Brande soweit abgekühlt werden, daß ein neues Einsetzen des Kalksteinmaterials vorgenommen werden kann. Es findet deshalb bei denselben immer ein Verlust an Brennstoff und Hitze statt, und ebenso für manche Kalksorten ein Verlust an Kalkmaterial dadurch, daß die zunächst dem Feuer befindlichen Kalksteine über das Garbrennen hinaus erhitzt und dadurch todtgebrannt werden. Diese Uebelstände werden durch die Oefen mit ununterbrochenem Betriebe, die nach dem Rumford'schen System konstruirten kontinuirlichen Oefen, beseitigt. Bei diesen Oefen dauert der Brand ununterbrochen fort, und es wird der gar gebrannte Kalk von unten her ausgezogen und in demselben Verhältnisse von oben her neue Kalksteine eingeschüttet. Ein langjährig bewährtes Beispiel solcher kontinuirlichen Oefen geben wir in den Fig. 363 und 364 im Grundriß und Durchschnitt. Es ist dies ein sogenannter dreischüriger Ofen, wie solche in Rüdersdorf bei Berlin seit langen Jahren im Gebrauche sind und sich für Holz- und Torfbrand ganz vorzüglich bewährt haben.

Fig. 364.

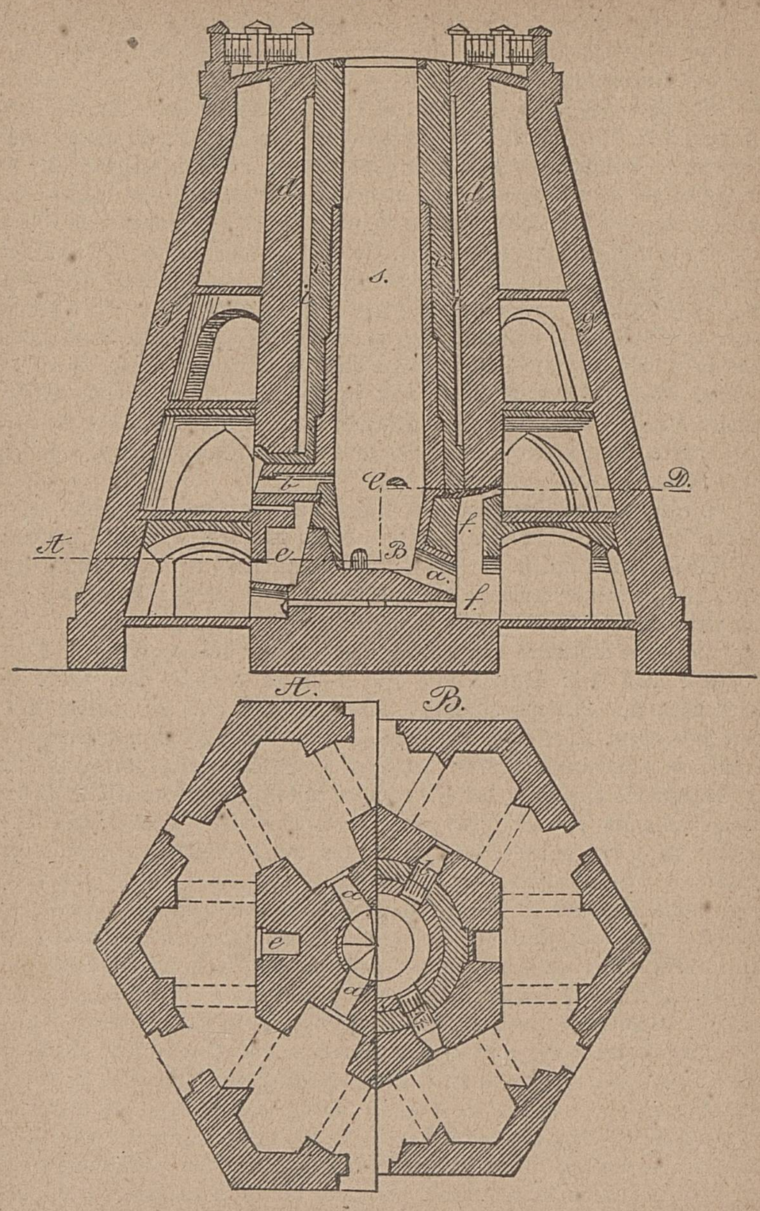


Fig. 363.

Fig. 363 giebt *A* die Hälfte des Grundrisses nach der Linie *AB* durch die Zuglöcher *aa*, und *B* die Hälfte des Grundrisses nach der Linie *CD* des Querschnittes Fig. 364 durch die Feuerungen *bb*.

Wie aus Fig. 363 und 364 zu ersehen, besteht der Ofen aus dem mit doppelten Wandungen und zwischenliegender Isolirschicht aufgeführten Ofenschachte, welcher ringsum von überwölbten Räumen umgeben ist, die zur Aufnahme von Brennmaterial und Kalk dienen, und von welchen aus die Feuerungen *bb* beschickt sowie auch unterhalb die gebrannten Kalksteine ausgezogen werden. In dem Grundrisse Fig. 363 haben wir die Auszugsöffnungen des Ofens mit *a*, die Feuerungen mit *b*, die innere Ofenwandung mit *c*, die äußere Ofenwandung mit *d*, die Aschenfälle mit *e* und die Luftkanäle zur Abkühlung des glühenden Kalkes, welche unterhalb der Schachtsohle herführen und die Luft über die Auszugsöffnungen leiten, mit *f* bezeichnet. Den Ofenschacht haben wir in Fig. 364 mit *s* und die Isolirschichten zwischen den beiden Schachtwandungen, welche aus Asche bestehen, mit *i*, sowie die äußeren schief ansteigenden Umfangswände der Ofenanlage mit *g* benannt.

Die Roste der Feuerungen *b* liegen nicht in dem Ofenschacht selbst, sondern in der Schachtmauer, und sind daher von dem Kalksteine getrennt. Der Schacht selbst hat in der Höhe der Feuerungen seinen größten Durchmesser ($2\frac{1}{2}$ m) und verjüngt sich sowol nach oben bis zur Gicht, wie auch nach unten bis zu den Abzugsöffnungen *a* um $\frac{1}{5}$ seines Durchmessers. Die ganze Höhe des Schachtes von den Abzugsöffnungen bis zur Gicht ist 14 m.

Wie aus dem Querschnitte Fig. 364 zu ersehen, sind sowol die Feuerungen und Auszugsöffnungen ringsum, wie auch der untere Theil sowie der obere Theil des Schachtes auf $\frac{2}{3}$ seiner Höhe mit feuerfesten Backsteinen ummauert. Wenn der Ofen in Betrieb gesetzt wird, so wird der Schacht bis zur Höhe der Feuerungen mit Kalksteinen angefüllt, in den Abzugsöffnungen ein Holzfeuer angezündet und dieser Kalk gargebrannt. Hierauf wird der ganze Schacht von oben mit Kalksteinen angefüllt, auf dem Rande des Schachtes, der Gichtöffnung, noch ein 1 bis $1\frac{1}{2}$ m hoher Kegel von Kalksteinen aufgesetzt und alsdann in den Heizungen *b* mit Torf gefeuert. Der gargebrannte Kalk sinkt dann zusammen und wird von unten durch die Auszugsöffnungen *a* ausgezogen. In demselben Verhältniß als gebrannter Kalk herausgezogen wird, sinkt der Kalk im Schachte nach und muß alsdann regelmäßig wieder von oben nachgefüllt werden.

Ziegelöfen. Die Oefen zum Brennen der Ziegel- und Backsteine erhalten entweder eine gewölbte Decke mit Zuglöchern darin, oder sie bleiben oben offen und werden nur in angemessener Höhe über dem Ofen überdacht. Die Einrichtung der Oefen selbst bleibt für beide Arten dieselbe, und können wir uns also auf die Besprechung eines Beispiels solcher gewöhnlicher feststehender Ziegelöfen beschränken. Es wird in den überwölbten Ziegelöfen bei weitem weniger Brennmaterial verbraucht als in den oben offenen

Oefen, dagegen muß aber auch die gewölbte Decke von Zeit zu Zeit erneuert werden, da sich dieselbe durch das Brennen sehr stark abnutzt. Im Allgemeinen ist aber anzunehmen, daß gewölbte Oefen vortheilhafter sind, da sie bedeutend weniger Brennmaterial erfordern und eine gleichmäßigere Waare liefern als die offenen Oefen.

Wir geben in den Fig. 365, 366 und 367 den Grundriß, Längenschnitt und Querschnitt eines solchen Ziegelofens mit überwölbter Decke. Derselbe ist für Torfbrand eingerichtet und in Eldena seit längeren Jahren im Betriebe. Die Figuren sind im Maßstabe von 1 : 200 gezeichnet und haben wir darin die Schüröffnungen, welche mit eisernen Thüren verschlossen sind, mit *a*, die Bänke zum Aufsetzen der Steine mit *c*, die Roste mit *b*, die Aschenzüge mit *d*, die Luftzüge an der gewölbten Decke mit *e*, die Oeffnungen zum Einbringen der Waare, welche vor Beginn des Brandes mit Lehm vermauert werden, mit *f*, die Schlaudern zur Verschraubung der Ofenmauern mit *g*, sowie die hölzernen Anker, welche rings um den Ofen gelegt sind, mit *h* bezeichnet. Die Luftzüge *e* dienen zur Entfernung

Fig. 365.

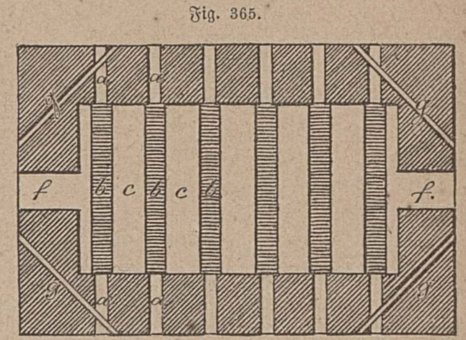
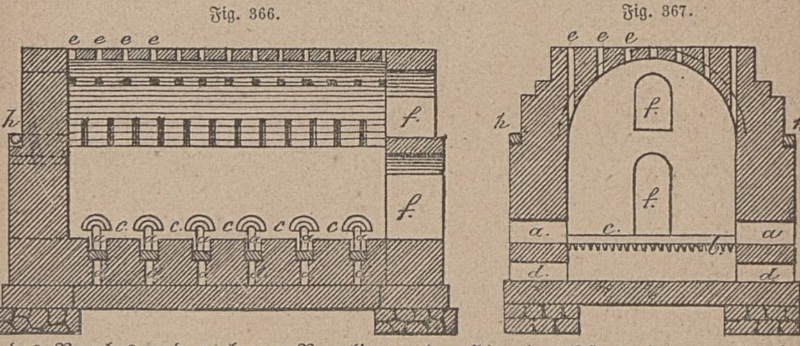


Fig. 366. Fig. 367.



des Rauches und auch zur Regulirung der Hitze des Ofens, da man sie, je nachdem man den Zug vermindern will, mit Steinen auf der oberen Fläche des Ofens abdeckt. Zur Herstellung des Rostes *b* bedient man sich meist der Roststeine, welche ca. 40 cm lang, 14 bis 15 cm hoch und oben 8, unten 6 cm breit angefertigt werden. Will man dagegen in einem solchen Ofen nur Holz brennen, so deckt man den Rost einfach mit Lehmsteinen dicht ab.

Der sogenannte Kasseler Flammziegelofen, welcher eine ausgedehnte Verbreitung gefunden hat, unterscheidet sich von den vorbeschriebenen

überwölbten Ziegelöfen im Wesentlichen dadurch, daß das zur Verwendung kommende Brennmaterial abgesondert von der eingesetzten Waare zur Verbrennung kommt, und daß das Feuer nicht in senkrechter Richtung, sondern

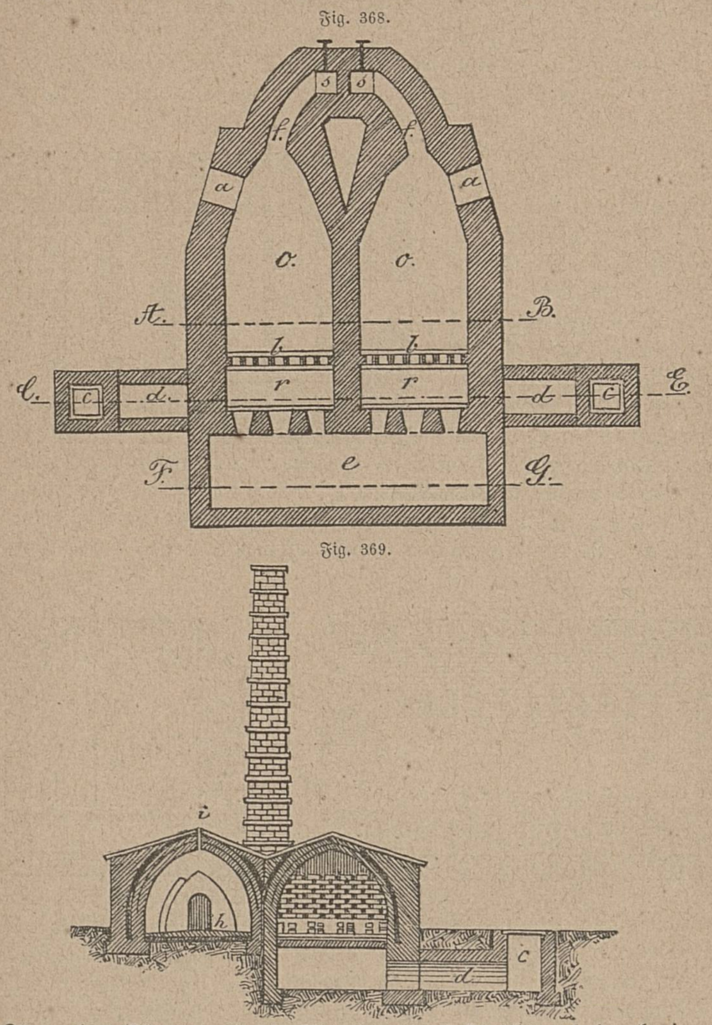


Fig. 368.

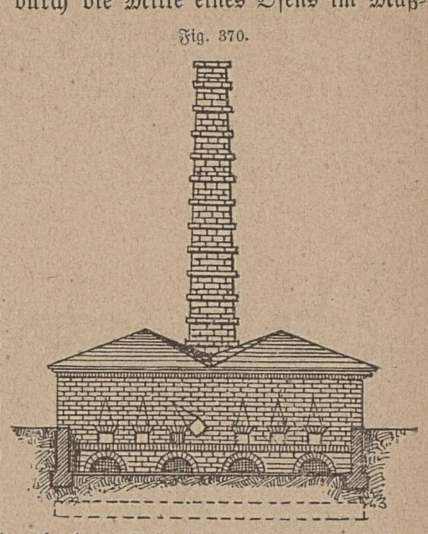
Fig. 369.

der Länge des Ofens nach die Brandwaare bestreicht und durch einen an der Hinterseite der Oefen angelegten Schornstein abgeführt wird.

In den Fig. 368, 369, 370 und 371 geben wir einen Kasseler Flammziegelofen, wie solcher in dem Jahrgange 1855 der Erbkam'schen

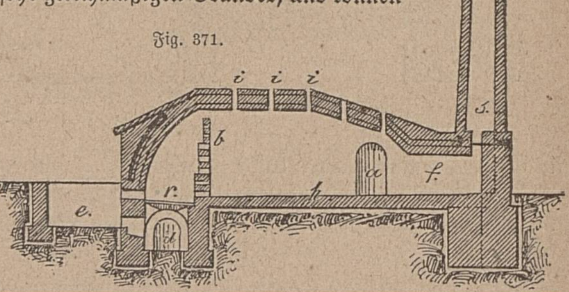
Zeitschrift für Bauwesen mitgetheilt wurde, im Grundriß, dem Querschnitt, der Ansicht und dem Längenschnit durch die Mitte eines Ofens im Maßstabe von 1 : 250 dargestellt. Es liegen zwei Oefen *o o* neben einander, in welche die Ziegel- und Backsteine durch die Thüren *a a*, welche bei Beginn des Brandes vermauert werden, eingeführt und in diagonaler Richtung auf dem Herde *h* aufgesetzt werden. Die Roste *r r* sind durch eine von feuerfesten Backsteinen aufgeführte durchbrochene Feuerwand *b b*, welche von unten nach oben an Stärke abnimmt, von der Brandwaare des Ofens getrennt; und es findet die Regulirung des Zuges der Feuerung durch Hinzuführung eines kalten Luftstromes *d* durch die Luftschachte *c c*, sowie auch dadurch statt, daß man die Zugangsöffnung zum Schornstein durch einen Schieber beliebig weit öffnen und schließen kann. Die Oefen sind nach hinten sowol seitlich wie in der Höhe verengt und münden durch die Feuerkanäle *f f* in den Schornstein *s* ein. In der Decke der Oefen sind zur Beobachtung des Brennens kleine Oeffnungen angebracht, welche durch Ziegelsteine verschlossen werden.

Fig. 370.



Die Kasseler Flammziegelöfen bieten den Vortheil einer sehr kurzen Brennzeit und dadurch bedeutender Ersparniß an Brennmaterial, eines sehr gleichmäßigen Brandes, und können für jedes Brennmaterial eingerichtet werden, welche Vorzüge ihre allgemeine Verbreitung veranlaßt haben.

Fig. 371.

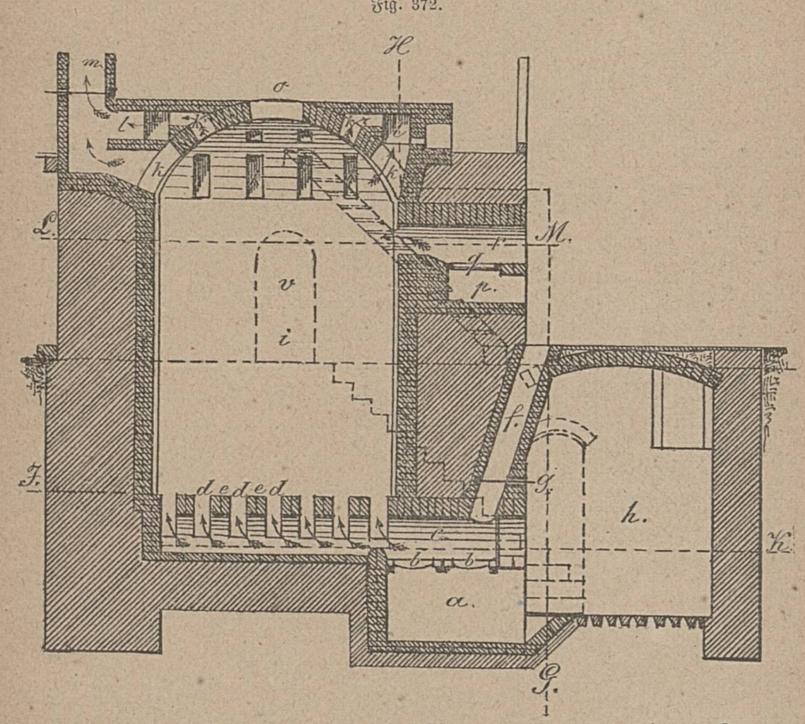


Einen sehr bewährten Ofen für Kalk- und Ziegelbrand, welcher mit Torf geheizt wird, geben wir noch in den Fig. 372 bis 377 in den Grundrissen und Durchschnitten in 1 : 133 der natürlichen Größe. Derselbe ist von dem Ziegeleibesitzer L. Scherrer in Pfungstadt bei Darmstadt ausgeführt und liefert bei jedem Brande ca. 9 bis 10 cbm Kalk, welcher unten

über die Feuerzüge gebracht wird, 8000 Backsteine, welche im mittleren Theile des Ofens eingesetzt und 9- bis 10000 Stück Dachziegel, die in dem oberen Raume des Ofens gebrannt werden.

Der Ofen hat zwei Feuerungen in verschiedener Höhe, wovon jede aus zwei neben einander liegenden, getrennten Schürgassen besteht. Die zweite Feuerung, welche sich in dem oberen Theile des Ofens befindet, wird nur gegen den Schluß des Brandes in Betrieb gesetzt und dient zum Garbrennen der in dem oberen Theile des Ofens eingesetzten Thonwaaren, welche

Fig. 372.

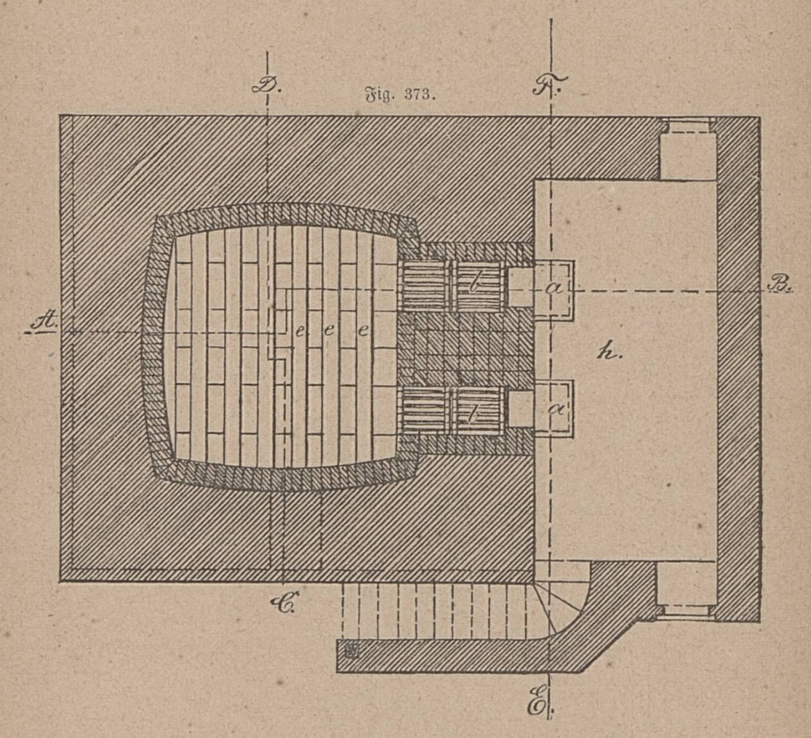


durch das untere Feuer nicht gleichmäßig ausgebrannt werden. In den Fig. 372 bis 377 haben wir mit *a a* die Aschenfälle der unteren Feuerungen, mit *b b* die Roste derselben, mit *c c* deren Schüröffnungen, mit *d d* die Schlitze oder Feuerzüge bezeichnet, welche zwischen den über dem Feuerraume gewölbten Gurtbögen *e e* offen gelassen werden. Die Kanäle *f f*, welche in schiefer Richtung auf die Feuerungen ausmünden und durch eiserne Schieber *g g* geschlossen werden können, dienen zum Einbringen des Brennmaterials (leichter Torf), welches von oben eingeschüttet wird und beim Aufziehen der Schieber *g g* auf die Roste der Feuerungen fällt. Der Raum

h vor den Schüröffnungen, überwölbt und mit zwei Lichtöffnungen versehen, wird die Schürkammer genannt und dient zur Bedienung des Feuers.

Das in dem Feuerraume *b b* entwickelte Feuer zieht durch die Schlitze *d d* aufwärts, durchzieht den ganzen Ofenraum *i* bis zur Höhe der Schlitze *k k*, welche ringsum an der überwölbten Decke des Ofens angebracht sind, tritt durch dieselbe in einen rings um die Ofendecke herum geführten Feuerkanal *l* und aus diesem in den Schornstein *m* ein. Die Einmündung des Kanals *l* in den Schornstein *m* ist durch eine Zunge getheilt und kann durch

Fig. 373.



Schieber *n n* beliebig regulirt werden, so daß man die Hitze leicht auf eine Seite des Ofens leiten kann. Zum Einbringen der Brandwaare in den Ofen ist die Oeffnung *v* vorgesehen, und eine ebensolche *o* in der überwölbten Ofendecke, damit der Ofen bis zum Scheitel des Gewölbes vollgesetzt werden kann. Beide Oeffnungen werden dann vor Beginn des Brandes ausgemauert und mit Lehm verschmiert. Die zweite Feuerung an dem obern Theile des Ofens wird erst gegen Ende des Brandes in Benutzung genommen. Wir haben die Schürlöcher dieser Feuerungen mit *r r*, die Roste mit *q q* und die Aschenfälle mit *p p* bezeichnet, und bemerken hier nur noch,

Fig. 374.

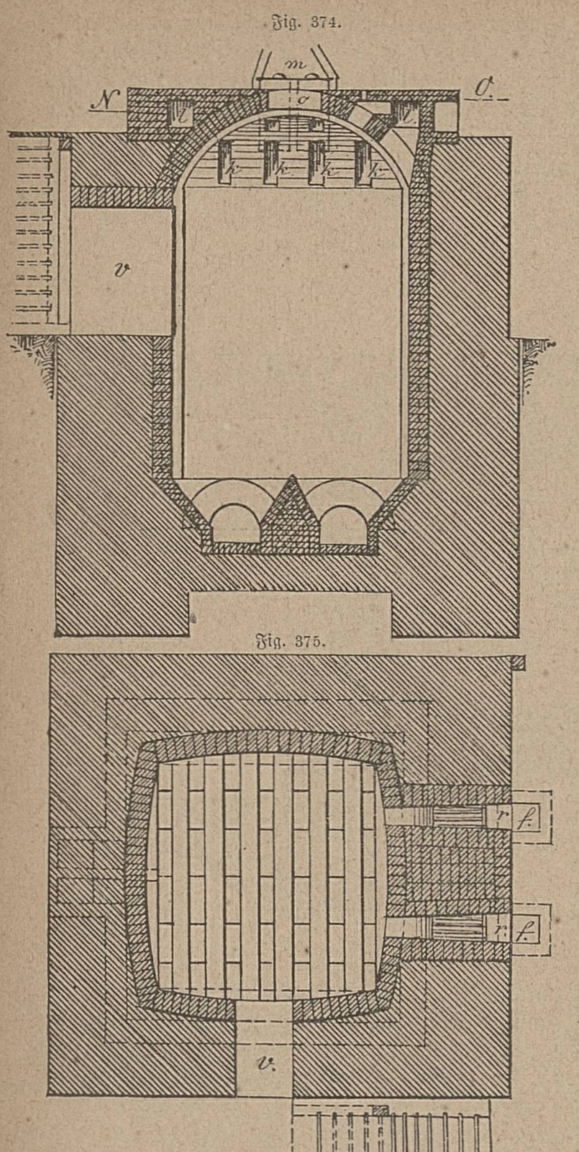


Fig. 375.

daß in diesem Ofen ein Brand 4 Tage dauert, und zwar wird 2 Tage lang das Rauchfeuer, $1\frac{1}{2}$ Tag lang das Vollfeuer in den unteren Feuerungen unterhalten und alsdann erst in den oberen Feuerungen den letzten halben Tag geheizt. Der Brennmaterialverbrauch für einen Brand beträgt nach den Angaben des Herrn Scherrer: 5 cbm Tannenholz und 45,000 Stück Torf.

Aus den beigezeichneten Figuren ist die Anlage dieses Ofens wol genügend zu ersehen. Wir bemerken schließlich erläuternd hierzu, daß Fig. 372 einen Schnitt nach der Linie *A B* der Fig. 373; Fig. 373 einen Grundriß nach der Linie *J K* der Fig. 372; Fig. 374 einen Querschnitt nach *C D* der Fig. 373; Fig. 375 einen Grundriß durch die oberen Feuerungen nach der Linie *L M* der Fig. 372; Fig. 376 einen Schnitt durch die Schürkammer nach der Linie *E F* der Fig. 373 mit der Ansicht der Schüröffnungen und endlich Fig. 377 einen Grundriß durch den obersten Theil des Ofens und die Feuerkanäle *l l* nach der Linie *N O* der Fig. 374 darstellt.

Fig. 376.

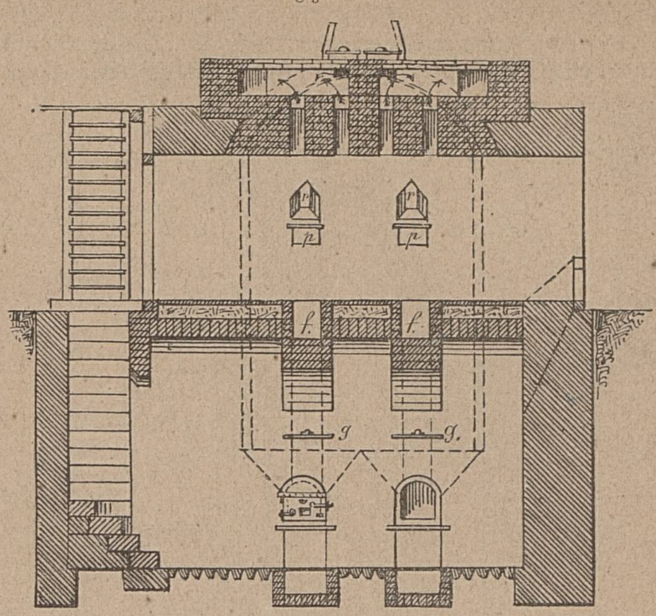
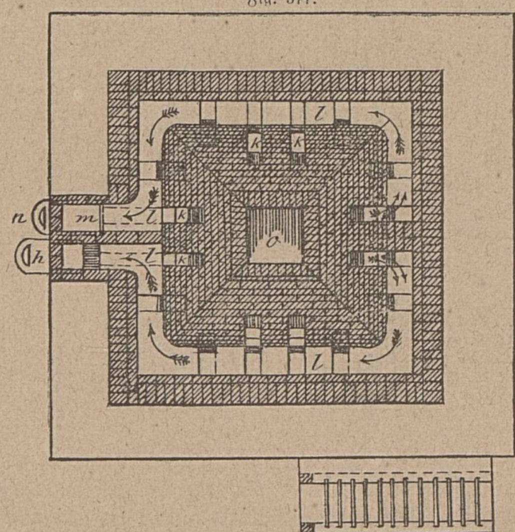


Fig. 377.



Dampfkesselfeuerungen. Die Form der Dampfkessel ist im Allgemeinen die cylindrische, weil diese die größte Festigkeit darbietet; alle Dampfkessel bestehen aus einem oder mehreren derartigen Cylindern. Wir haben zunächst die Dampfkessel zu unterscheiden, je nachdem in denselben Röhren angelegt sind,

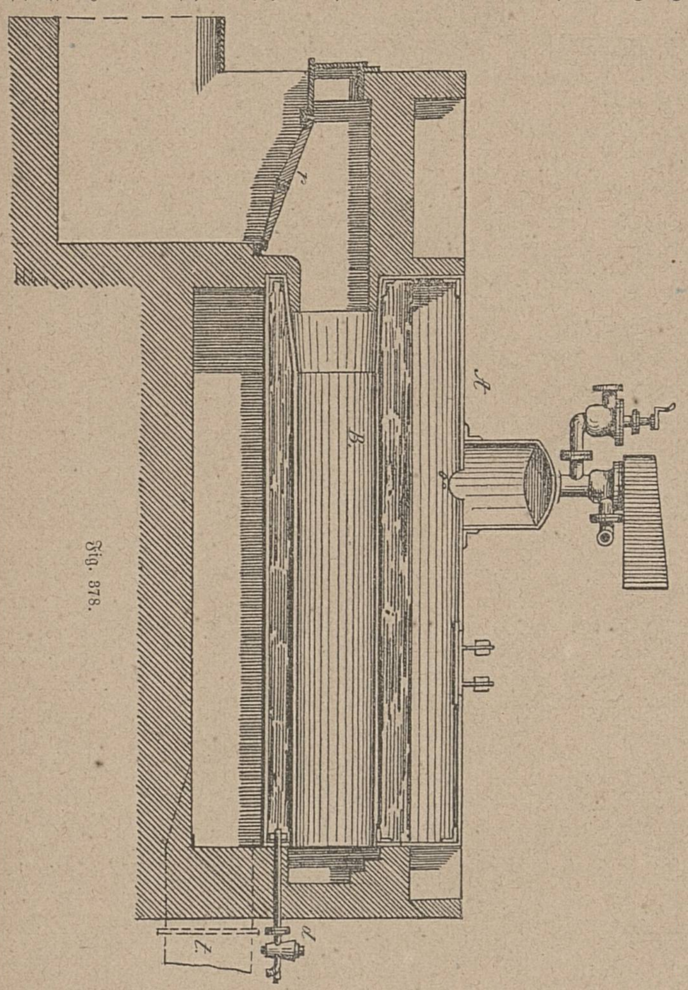
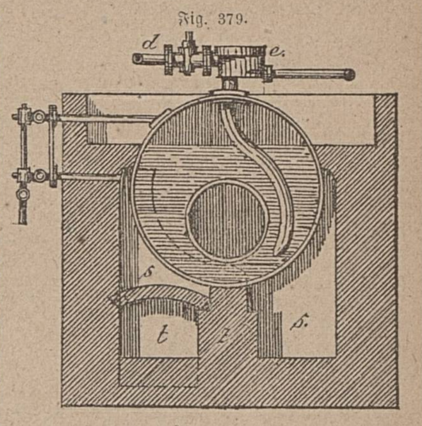


Fig. 378.

durch die das Feuer hindurchstreicht, sogen. Kessel mit Feuerröhren, oder, wo dies nicht der Fall und das Feuer in Zügen den Kessel umzieht und heizt, gewöhnliche cylindrische Kessel, welche entweder als einfache Kessel oder als Doppelkessel mit einem oder mehreren Vorwärmern angelegt werden.

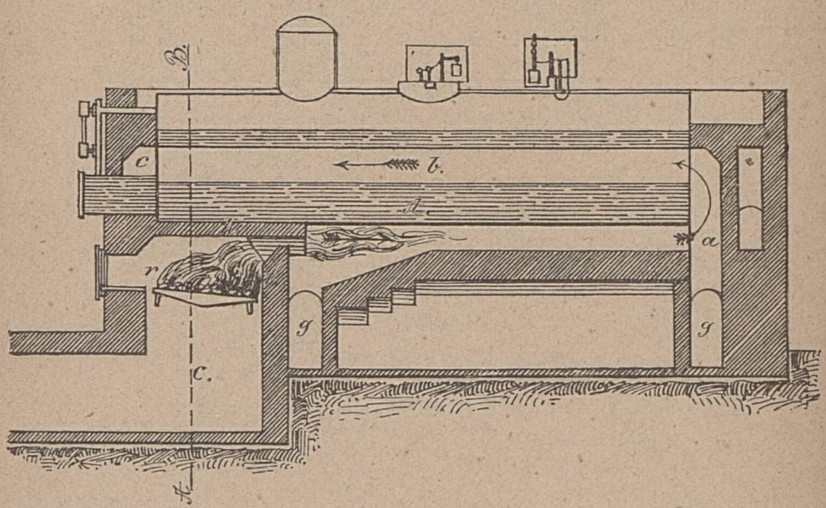
An den Kesseln mit Feuerröhren sind die Enden der Kessel gerade, während die Enden der cylindrischen Kessel gewöhnlich nach einem Kugelabschnitte gekrümmt und dadurch widerstandsfähiger angeordnet sind Die letzteren haben aber auch noch den großen Vorzug vor den ersteren voraus, daß sie jederzeit leicht gereinigt und nachgesehen werden können.

Fig. 379.



In den Fig. 378 und 379 geben wir das Beispiel eines Dampfkessels mit einem Feuerrohr, bei welchem der Rost *r* mit der Feuerung in einem besonderen überwölbten Raume vor dem Kessel liegt, im Längenschnitt und Querschnitt. Wir haben darin mit *A* den Kessel, mit *B* das nach vorn erweiterte Feuerrohr, welches an der Feuerung mit feuerfesten Steinen umgeben ist, damit es von der Hitze nicht zu rasch durchgebrannt wird, und mit *r* den Rost bezeichnet. Das auf dem Roste *r* sich entwickelnde

Fig. 380.



Feuer zieht durch die ganze Länge des Feuerrohrs, umzieht in den Zügen *ss* den Kessel *A* und gelangt alsdann durch den Kanal *t*, welcher unter dem Kessel herführt, in den Schornstein. Einen derartigen Kessel mit zwei Feuerröhren, bei welchem die Feuerung nicht vor dem Kessel,

sondern unter demselben liegt, haben wir in den Fig. 380, 381 und 382 im Längenschnitt, Querschnitt und der Ansicht dargestellt; und zwar giebt Fig. 380 den Längenschnitt durch die Mitte der Feuerung; Fig. 381 den Querschnitt durch die Mitte des Rostes nach der Linie AB der Fig. 380, und Fig. 382 eine Vorderansicht der Kesselanlage mit den Heizthüren und Ausputzöffnungen $c\,c$. Wie aus diesen Figuren zu ersehen, sind unter dem Vordertheile des Kessels, von diesem durch ein Gewölbe von feuerfesten Steinen getrennt, zwei Feuerungen neben einander angebracht, welche durch eine Zunge Z von einander getrennt sind. Das auf dem Roste r entwickelte Feuer schlägt über die Brücke f, unter dem Boden des Kessels, umspielt den Kesselboden und steigt durch den hinteren Kanal a aufwärts in die beiden Feuerröhren $b\,b$, zieht durch dieselben nach vorn und tritt durch die Oeffnungen $c\,c$ beiderseits in die Seitenkanäle $s\,s$ ein, in welchen es den Kessel nochmals nach seiner ganzen Länge umzieht und dann, sich auf der Hinterseite desselben vereinigend, in den Schornstein entweicht. Zur Regulirung des Zuges der Feuerung ist an der Hinterseite beim Eingang der Züge s in den Schornstein ein Schieber von Eisen angebracht, mittels welchem die Eintrittsöffnung in den Schornstein mehr oder weniger verengt werden kann.

Fig. 381.

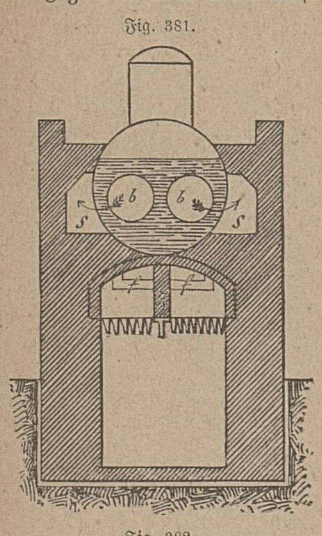
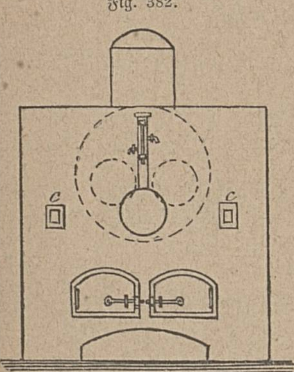


Fig. 382.



In den nachstehenden Figuren geben wir noch zwei Beispiele von cylindrischen Dampfkesseln, welche wir den „Rößler'schen Vorlegeblättern für Handwerkszeichenschulen", denen wir bereits eine Reihe von praktisch bewährten Konstruktionen verdanken, entnommen haben.

Ein Beispiel eines einfachen cylindrischen Kessels für eine Dampfmaschine von zwei Pferdekräften geben die Fig. 383 bis 388 in $^1/_{40}$ der natürlichen Größe, und zwar ist in Fig. 383 der Längenschnitt durch die Mitte der Feuerung; Fig. 384 der Grundriß über dem Roste; Fig. 385 die Draufsicht des Kessels mit dem Schnitt durch den Schornstein; Fig. 386 der Querschnitt durch die Feuerung nach der Linie AB der Fig. 383; Fig. 387 der Querschnitt nach der Linie CD der Fig. 383 und endlich in

Fig. 388 die Vorderansicht dieser Kesselanlage dargestellt. In denselben haben wir die Schüröffnung mit *a*, den Feuerraum mit *b*, den Rost mit *c* und den Aschenraum mit *d*, den Feuerkanal mit *e* und den Schornstein mit *k* bezeichnet.

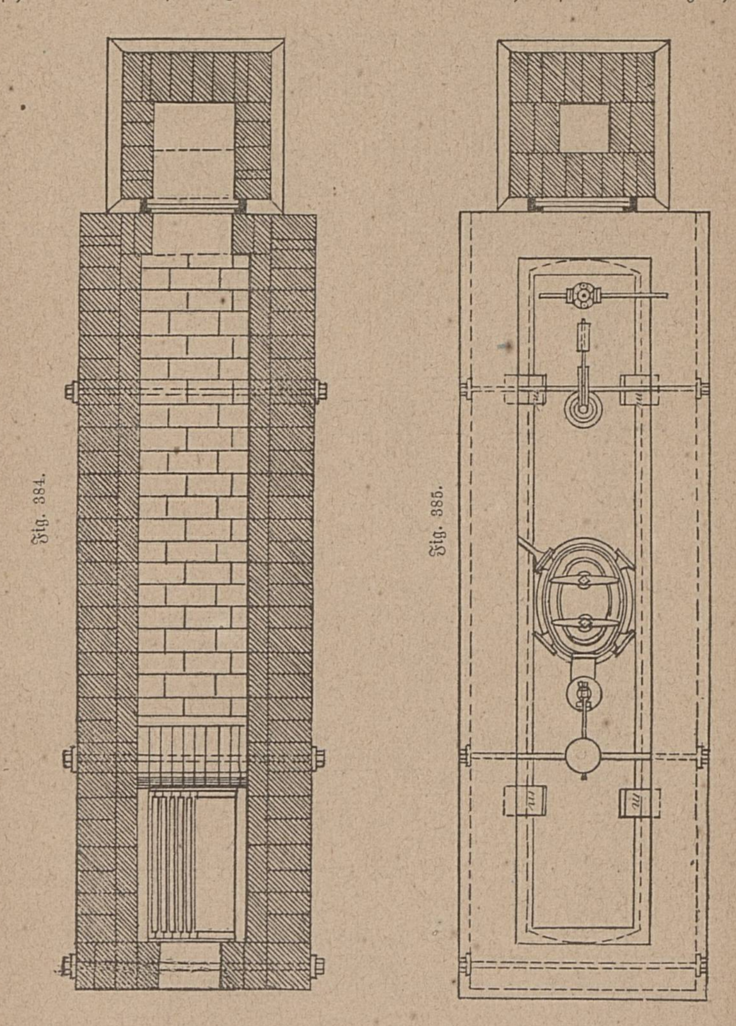


Fig. 384. Fig. 385.

Die in dem Feuerraume *b* entwickelte Hitze zieht über die Feuerbrücke *l* in den Kanal *e*, bestreicht den Kesselboden sowie die Seitenwände desselben zur Hälfte und tritt durch den Feuerkanal *h* in den Schornstein *k* ein. Zwischen dem Feuerkanal *h* und dem Schornstein *k* ist ein Schieber

angebracht, mittels dessen der Zug der Feuerung regulirt werden kann. Der Boden *f* des Kanals *e* ist gewölbt und überdeckt den leeren Raum *g*, welcher als Trocken- oder Darrraum sehr gut zu benutzen ist. Der Kessel

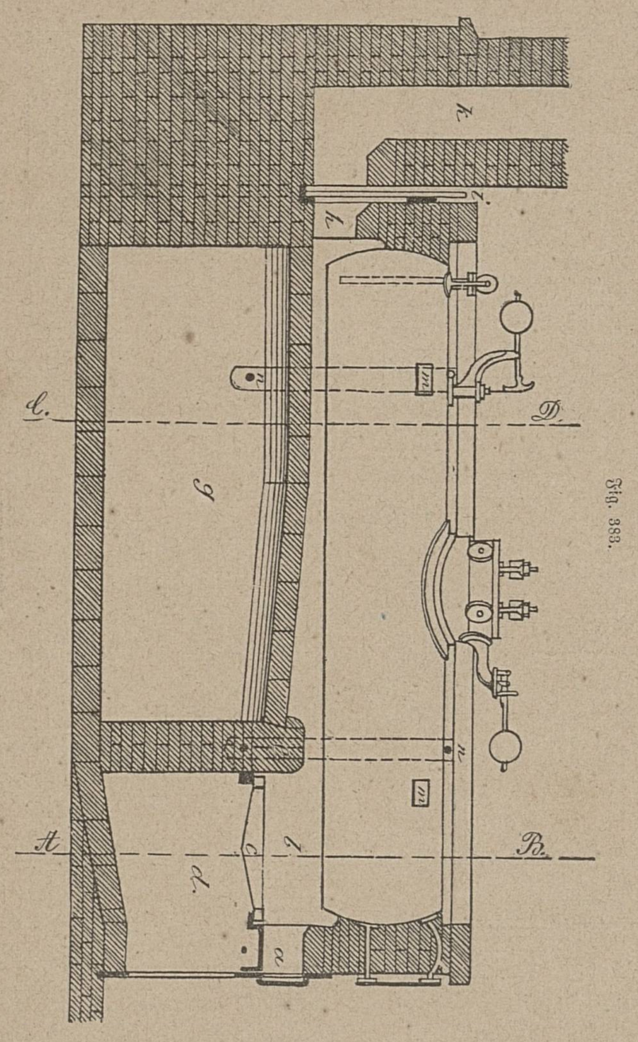


Fig. 383.

hängt zur Hälfte frei in dem ummauerten Kesselraume und ist oben mit den beiden Ansätzen *m m* versehen, welche sich auf das Mauerwerk auflegen und dadurch den Kessel unverrückbar in seiner Lage erhalten.

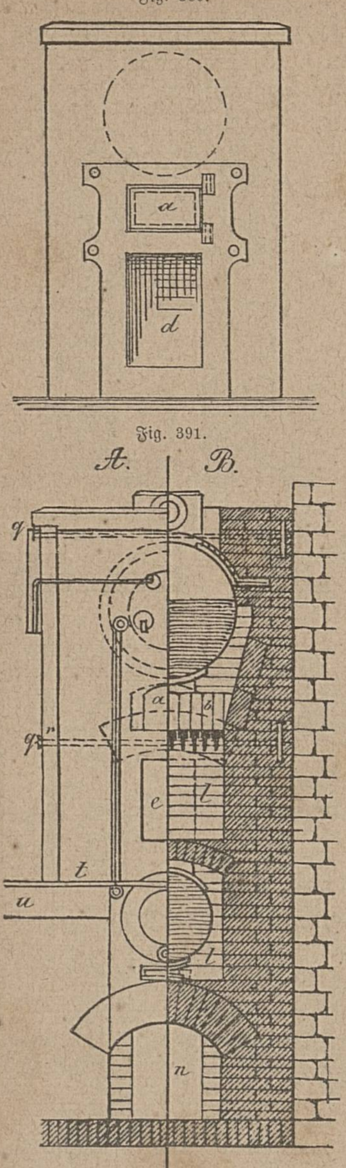
Fig. 386.

Fig. 387.

Fig. 389.

Fig. 388.

Fig. 391.



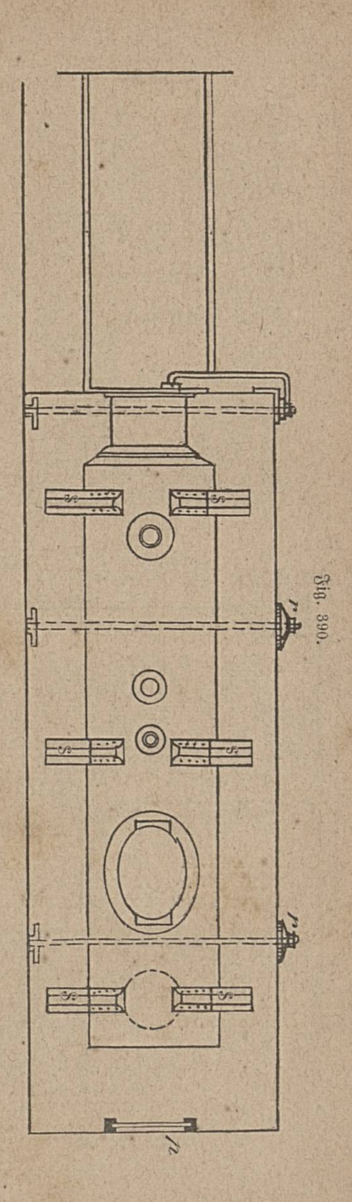


Fig. 390.

nn sind Schlaudern zur Verankerung der Kesselmauerung, welche mit den Eisenschienen *oo* an den Seitenwänden des Kessels verschraubt sind.

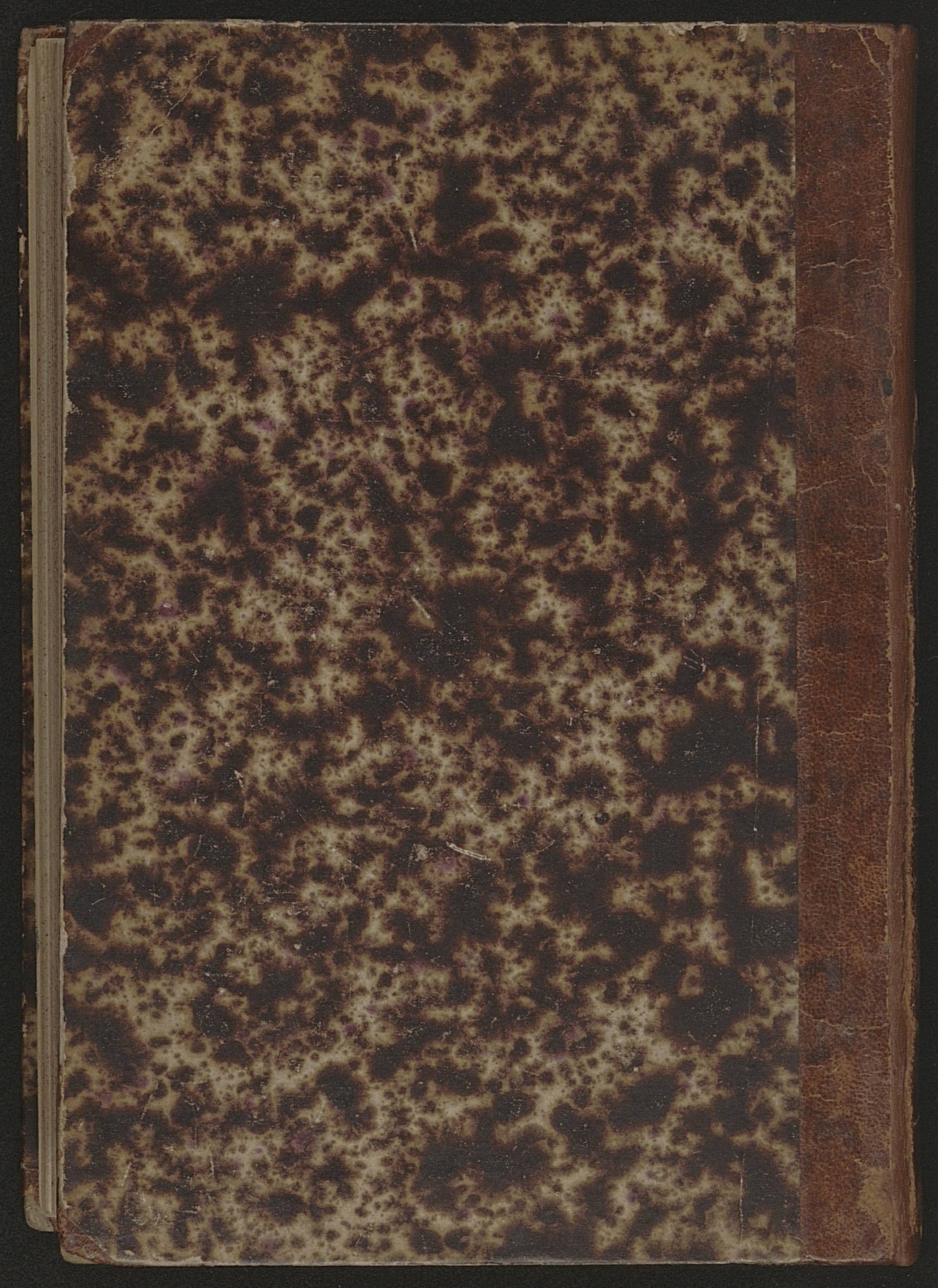
Einen Dampfkessel mit Vorwärmer, welcher den Dampf für eine Maschine von 6 Pferdekräften liefert, geben wir zum Schluß noch in den Fig. 389, 390 und 391 in $^1/_{40}$ der natürlichen Größe. Wir haben Fig. 389 einen Längenschnitt durch die Mitte der Kesselanlage, Fig. 390 eine Draufsicht des Kessels und in Fig. 391 *A* die Vorderansicht des Kessels zur Hälfte und in Fig. 391 *B* einen Querschnitt des Kessels durch die Mitte der Feuerung ebenfalls zur Hälfte dargestellt und bezeichnen darin mit *a* die Schüröffnung, mit *b* den Feuerraum, mit *c* den Rost, mit *d* die Trageisen zur Unterstützung der Roststäbe, mit *e* den Aschenfall, mit *f* die Feuerbrücke und mit *g* die Sohle des Feuerkanals, welche gewölbt und mit Schlitzen *hh* versehen ist. Unter dem Gewölbe befindet sich der freie Raum *i*, welcher durch eine in der Seitenwand angebrachte Oeffnung mit der äußeren Luft in Verbindung steht. Die äußere Luft strömt ein und tritt durch die Oeffnungen *hh* in die Flamme der Kesselfeuerung. Es wird hierdurch dem Feuer immerwährend frische Luft zugeführt und dadurch eine vollständigere Verbrennung sowie Verminderung des Rauches der Feuerung erzielt.

Die in dem Feuerraume *b* entwickelte Hitze umspielt den ganzen Boden des Kessels sowie die Seitenwandungen zur Hälfte, tritt durch den Kanal *kk*, welcher das Verbindungsrohr des Kessels mit dem Vorwärmer umgiebt, abwärts in den Kanal *l*, um den Vorwärmer, umspielt diesen ringsum und fällt auf der Vorderseite des Kessels durch die Oeffnung *m* in den Rauchkanal *n*, von welchem sie dann nach dem Schornsteine entweicht.

Auf dem Gewölbe, welches den Rauchkanal *n* überdeckt, ist der Vorwärmer mit den Füßen *oo* aufgesetzt, ebenso ruht der Kessel durch angenietete Träger *ss* auf dem Mauerwerk der Umfangswände, welche durch Schienen *r* und Schrauben *q* verankert sind. Zur Regulirung des Zuges der Feuerung ist ein Schieber *p* am Eingange des Rauchkanals in den Schornstein angebracht.

Indem wir diesen Abschnitt hiermit schließen, sprechen wir die Hoffnung aus, daß uns in späteren Auflagen Gelegenheit werden möge, weitere praktisch bewährte Beispiele von Feuerungsanlagen unseren Lesern vorzuführen.

Ende.







inches centimeters

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 (A)	12	13	14	15
L*	39.12	65.43	49.87	44.26	55.56	70.82	63.51	39.92	52.24	97.06	92.02	87.34	82.14	72.06	62.15
a*	13.24	18.11	-4.34	-13.80	9.82	-33.43	34.26	11.81	48.55	-0.40	-0.60	-0.75	-1.06	-1.19	-1.07
b*	15.07	18.72	-22.29	22.85	-24.49	-0.35	59.60	-46.07	18.51	1.13	0.23	0.21	0.43	0.28	0.19
Density →										0.04	0.09	0.15	0.22	0.36	0.51

	16 (M)	17	18 (B)	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
	49.25	38.62	28.86	16.19	8.29	3.44	31.41	72.46	72.95	29.37	54.91	43.96	82.74	52.79	50.87	L*
	-0.16	-0.18	0.54	-0.05	-0.81	-0.23	20.98	-24.45	16.83	13.06	-38.91	52.00	3.45	50.88	-27.17	a*
	0.01	-0.04	0.60	0.73	0.19	0.49	-19.43	55.93	68.80	-49.49	30.77	30.01	81.29	-12.72	-29.46	b*
	0.75	0.98	1.24	1.67	2.04	2.42										

D50 Illuminant, 2 degree observer

Golden Thread

Colors by Munsell Color Services Lab

Don Williams